

Einführung in die Energiewirtschaft

2) Der Energieträger Gas

2.1. Einleitung

2.2. Reserven und Ressourcen

2.3. Transport

2.4. Nutzung

2.5. Der Markt für Erdgas

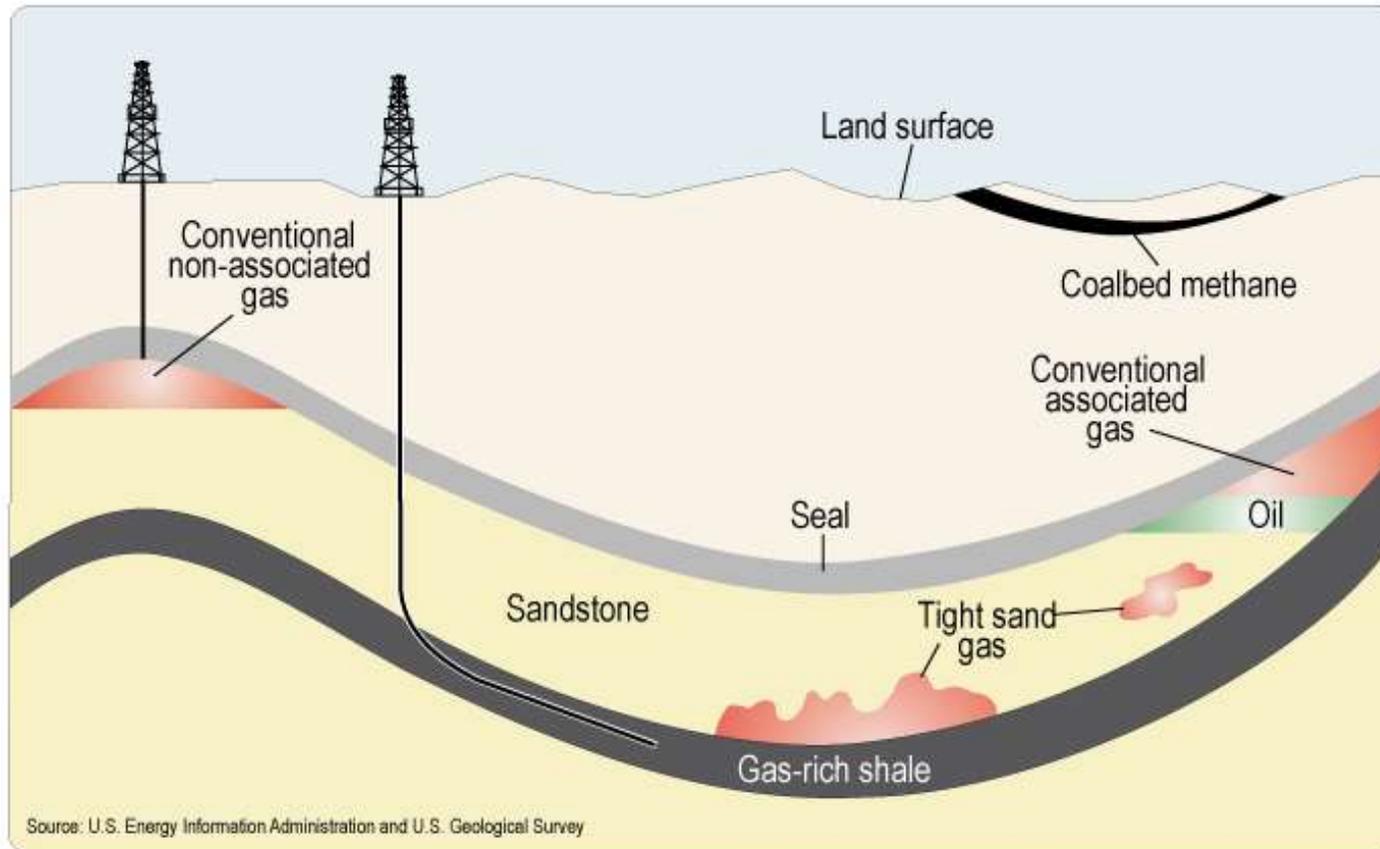
2.1 Einleitung: Erdgas

- Erdgas besteht überwiegend aus Methan (CH_4)
- Es entstand bei der Erdöl- und Kohlebildung durch Mikroorganismen.
- Erdgas wird in die Kategorien L (low) und H (high) eingeteilt.
 - L-Gas hat einen Brennwert von ca. 10 kWh/m^3
 - H-Gas hat einen Brennwert von ca. 12 kWh/m^3
- Grund für die verschiedenen Brennwerte sind unterschiedliche Mengen an Begleitkomponenten wie bspw. Kohlendioxid oder Edelgase.
- H-Gas und L-Gas werden in getrennten Leitungsnetzen transportiert.

Konventionelle und nicht-konventionelle Kohlenwasserstoffe

- Konventionell:
 - Gas/Öl sammelt sich unter einer undurchlässigen Gesteinsschicht in einer Gasblase.
 - Das Gas/Öl kann über eine Bohrung gefördert werden.
 - Freies Erdgas, Erdölgas
 - Leichtöl, Schweröl, Kondensat
- Nicht-konventionell:
 - Gas/Öl ist in der Lagerstätte nur bedingt fließfähig.
 - Das Gas/Öl ist in Gesteinsporen eingeschlossen.

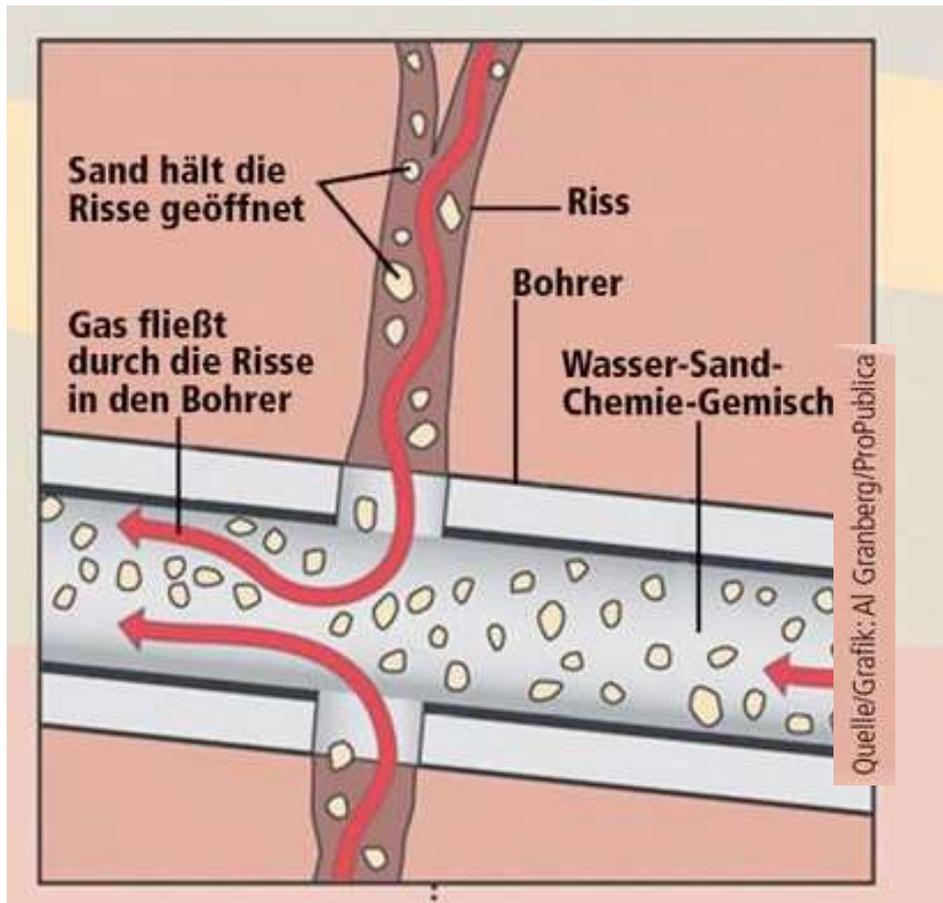
Arten von nicht-konventionellem Erdgas



- „Tight gas“ – Gas in dichtem Gestein
 - Auch in Niedersachsen (~300)
- „Shale gas“ – Gas in Schiefergestein
- „Coalbed Methane“ – Gas in Kohleflözen
- Aquifergase
- Gashydrate

Quelle: EIA – Today in Energy, 2011

Fracking (Hydraulic Fracturing; hydraulische Stimulation)



- Wenn Erdgas in Poren oder Hohlräumen des Gesteins/der Kohle eingeschlossen
 - Richtbohrtechnik
 - Perforationskanone: Risse in Stahlrohr
 - Gestein durch Einpressen eines Gemisches aus Wasser, Quarzsand und Chemikalien flächendeckend aufbrechen
 - Große Volumina
 - Großer Druck (bis zu 1000 bar)
 - Quarzsand hält entstehende Klüfte im Gestein offen
 - Nach Rückfluss der Flüssigkeit kann die eigentliche Erdgasförderung beginnen

Fracking - Risiken

- Umweltbeeinträchtigung
 - Flächenverbrauch
 - Schadstoffemissionen
 - Grundwasserverschmutzung?

- Flowback
 - Sammlung
 - Aufbereitung
 - Entsorgung
 - Bspw.: Verpressen in tiefe Gesteinsschichten

Upper green valley, Wyoming



[skytruth 2013]

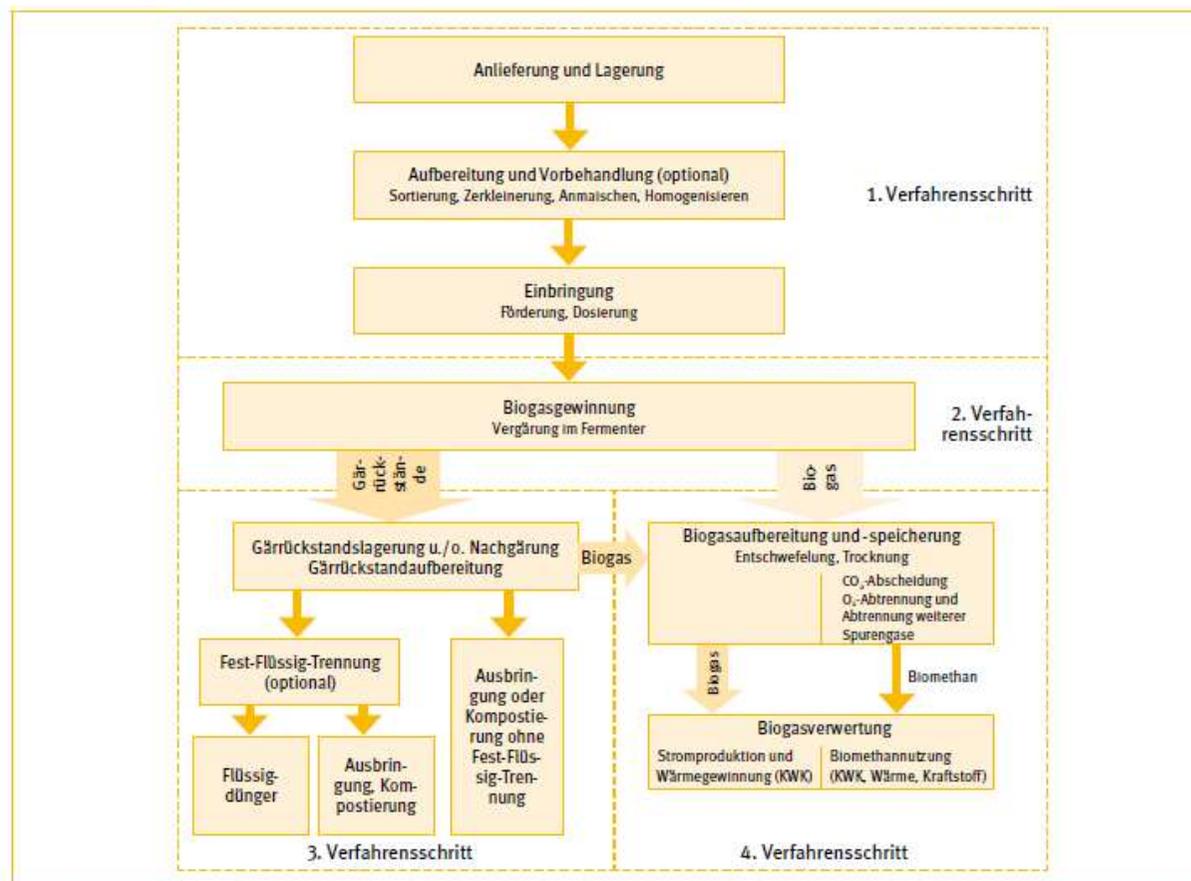
Aktuelle Entwicklungen in den USA

- Anstieg der Förderung
 - Weltgrößter Produzent von Erdgas
- Größere Unabhängigkeit führt zu politischen und geostrategischen Folgen
- Substitution von Kohle durch Gas
 - Mehr Kohleexporte

Weitere Erdgasformen

■ Biogas

- Entsteht durch Zersetzung von organischem Material unter Sauerstoffausschluss in Biogasanlagen

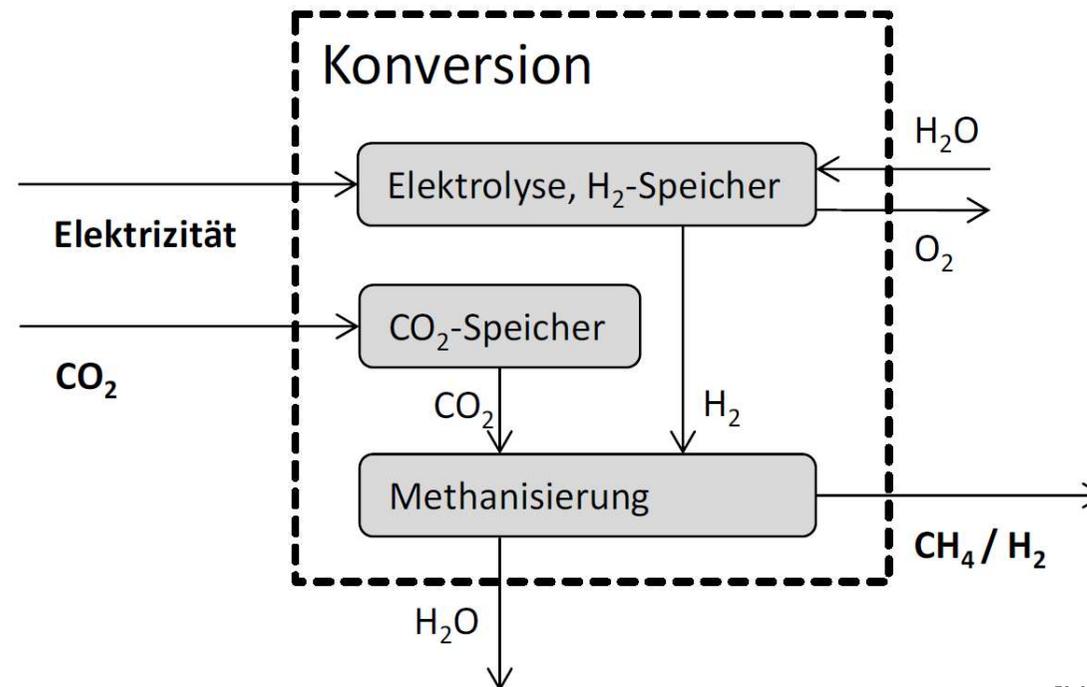


[Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) 2016 / Jäkel 2002]

Weitere Erdgasformen

■ Power-to-Gas

- Synthesegas entsteht durch Wasserelektrolyse ggf. mit nachgeschalteter Methanisierung



[Heffels 2015]

Einführung in die Energiewirtschaft

2) Der Energieträger Gas

2.1. Einleitung

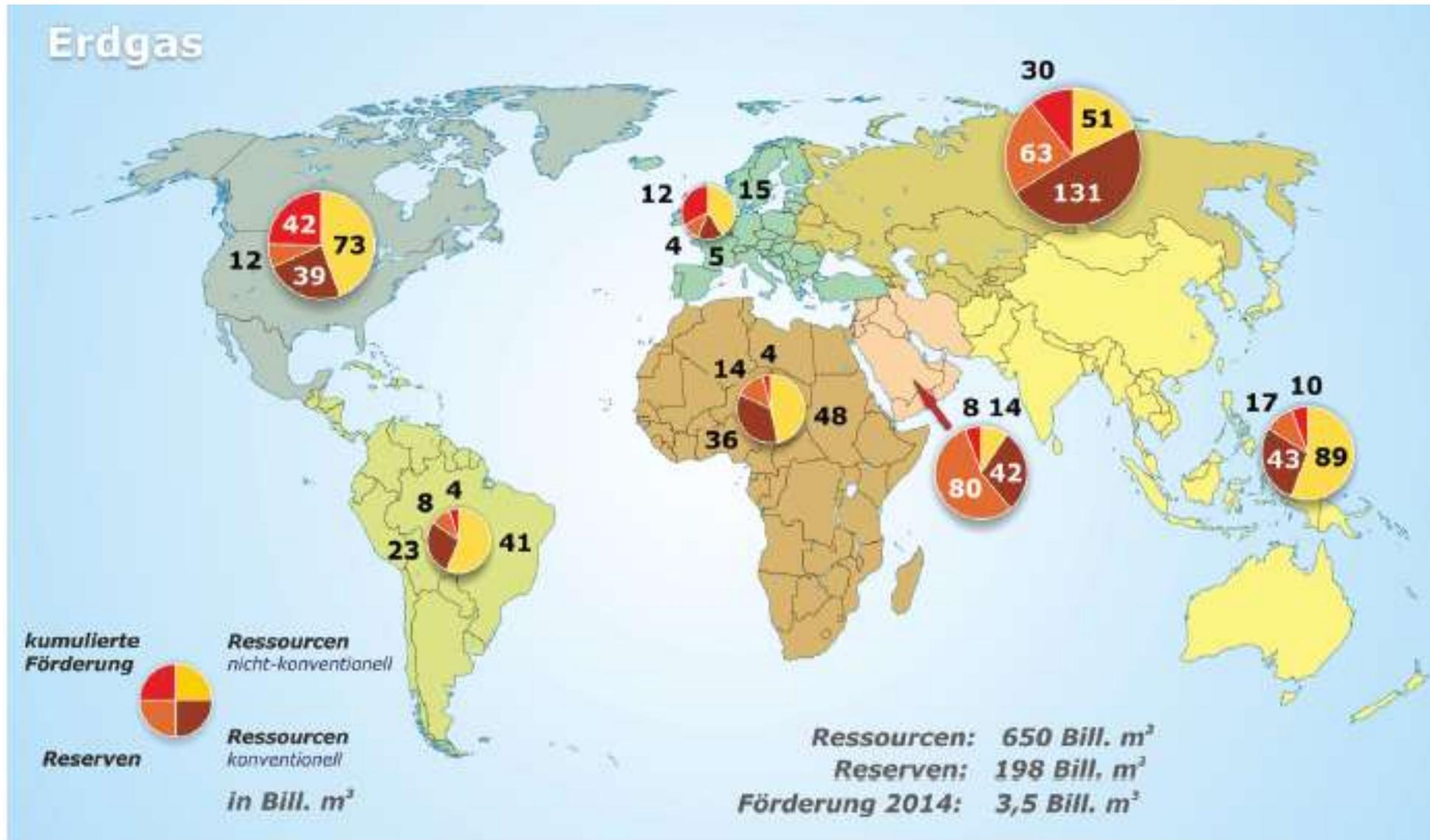
2.2. Reserven und Ressourcen

2.3. Transport

2.4. Nutzung

2.5. Der Markt für Erdgas

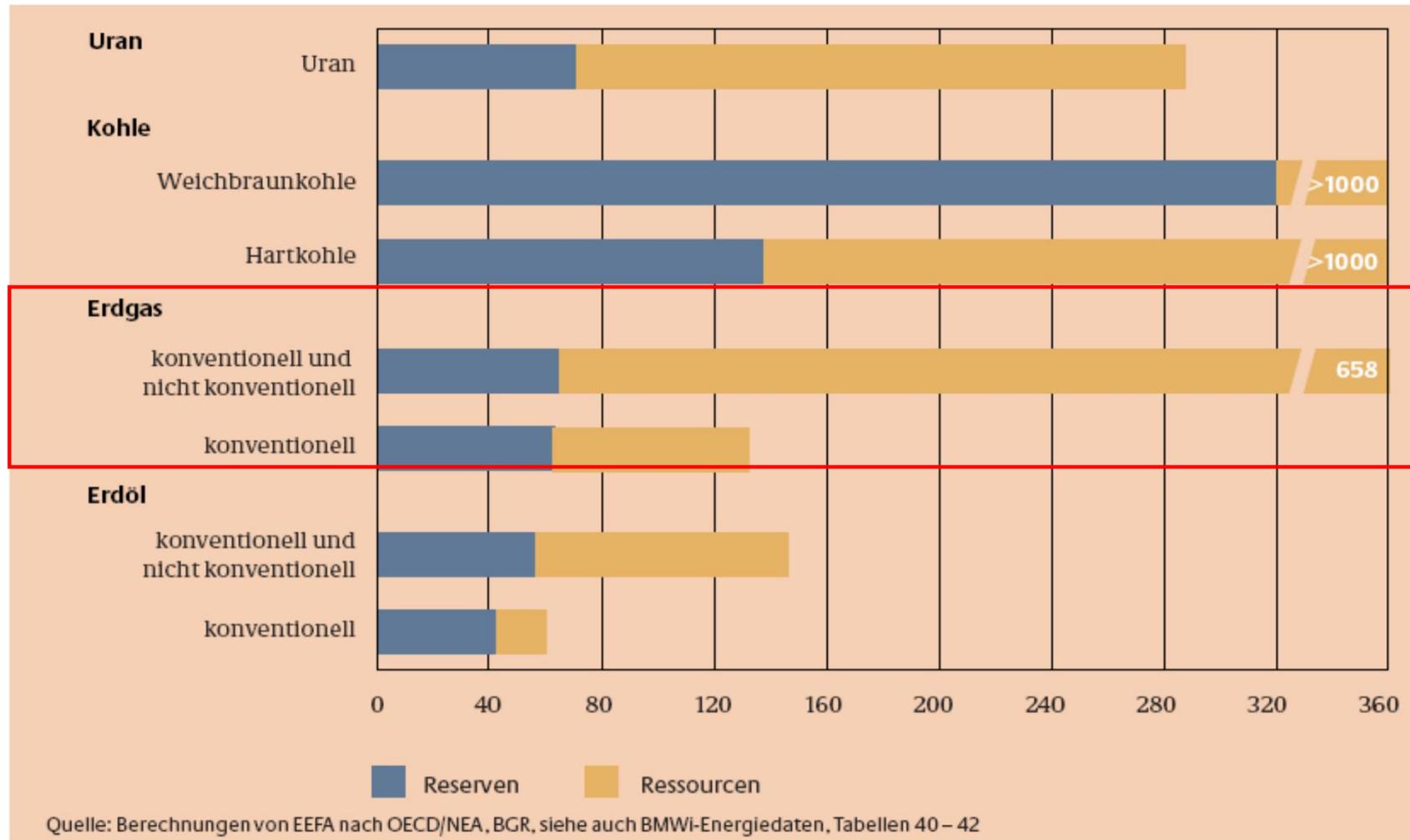
Regionale Verteilung des Gesamtpotenzials [Bill. m³]



Kumulierte Förderung: > 100 Bill. m³

Quelle: BGR Energiestudie 2015

Statische Reichweiten fossiler Energieträger (Welt)



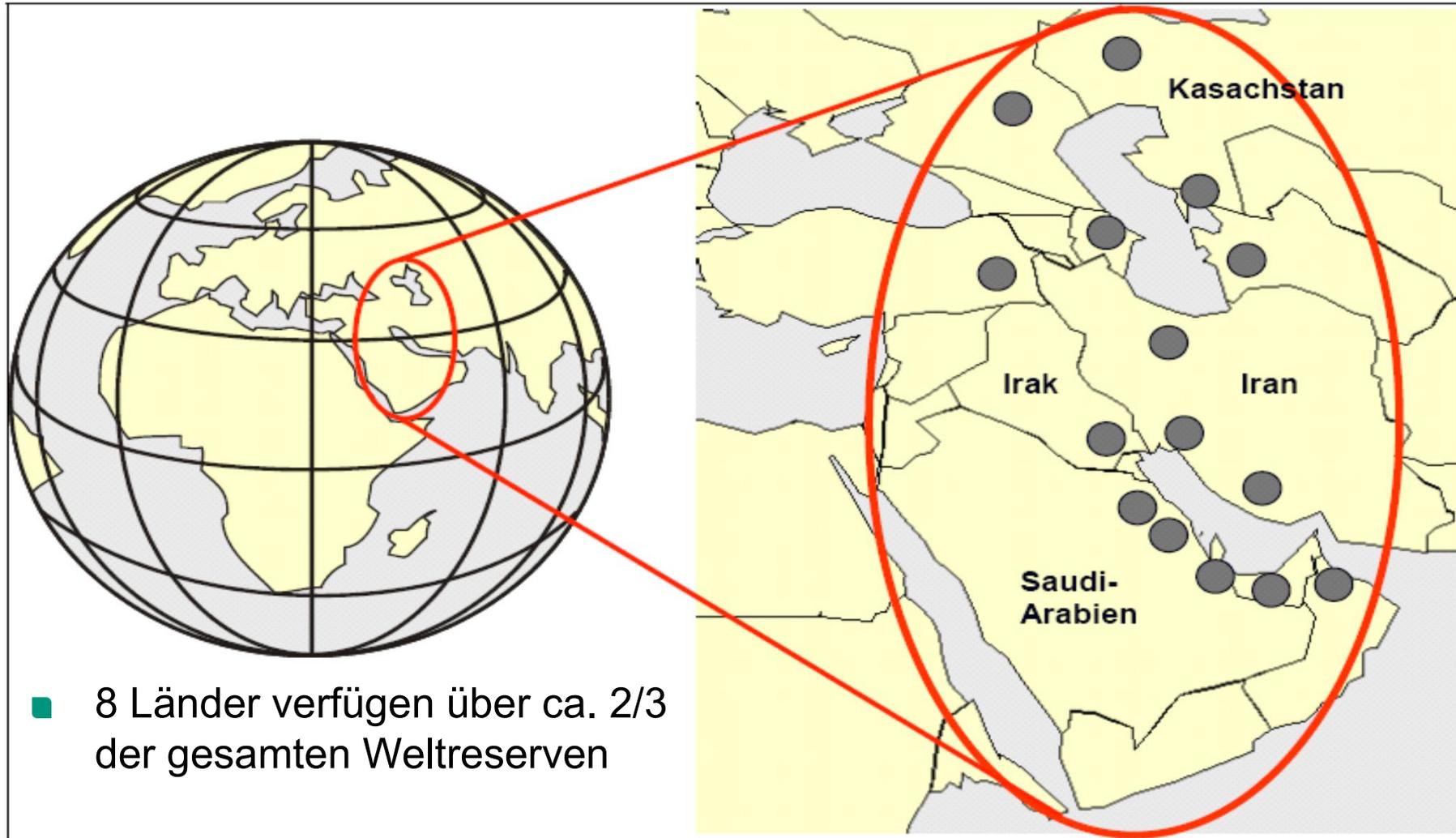
Quelle: BMWi 2008

Potenzial von konventionellem Erdgas in Europa [Mrd. m³]

- In Deutschland
 - Reserven: Ca. 100 Milliarden Kubikmeter
 - Statische Reichweite ca. 10 Jahre
- Europas Gasförderung seit einigen Jahren rückläufig

=> Steigende Importabhängigkeit!

Strategische Elipse



Quelle: Kemp, G. et al. 1997, BRG 2009

Einführung in die Energiewirtschaft

2) Der Energieträger Gas

2.1. Einleitung

2.2. Reserven und Ressourcen

2.3. Transport

2.4. Nutzung

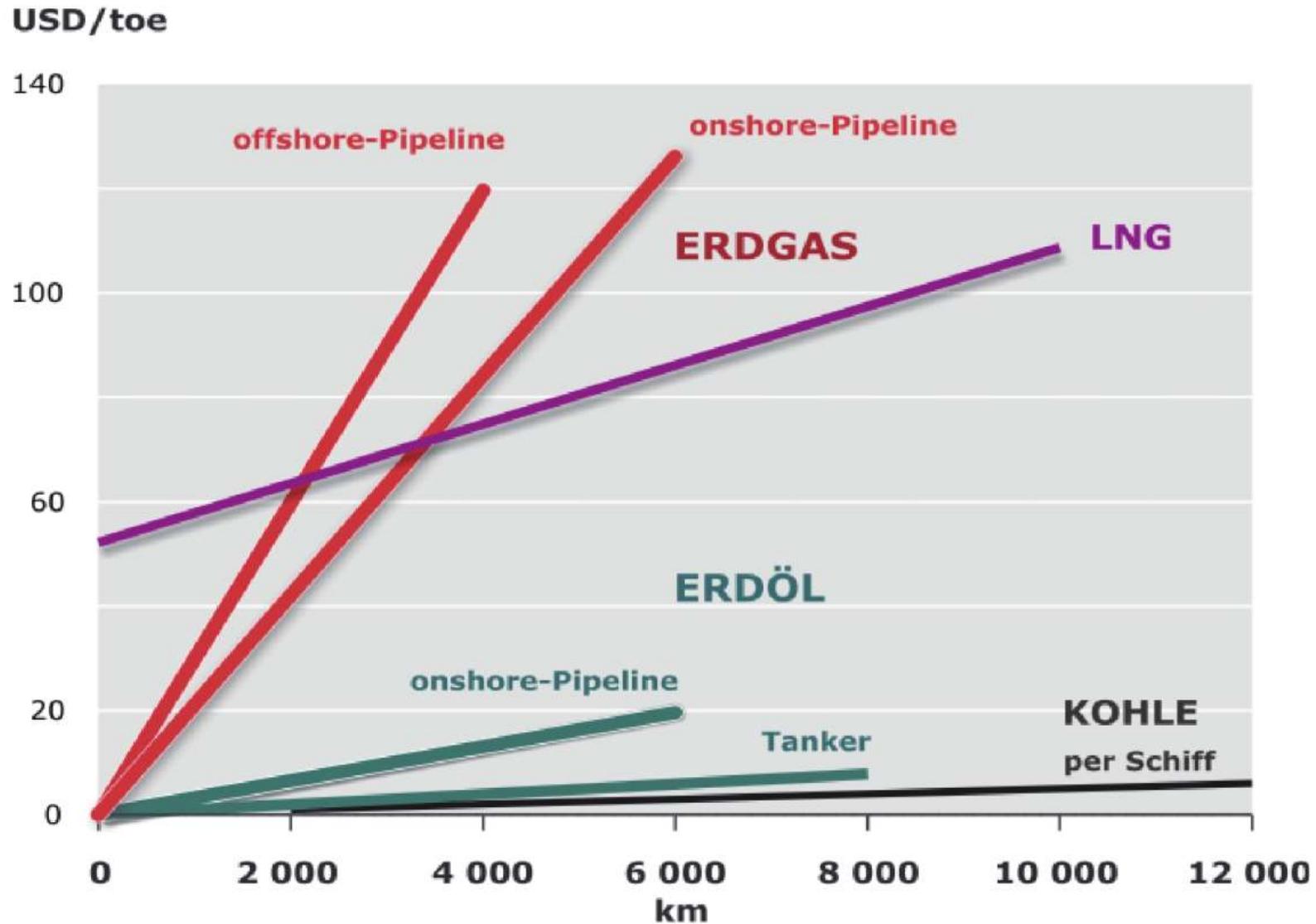
2.5. Der Markt für Erdgas

2.3 Transport

- Pipeline
 - Onshore / Offshore
- LNG
 - Liquefied Natural Gas (Flüssigerdgas)
- Methanol
 - Umwandlung in Methanol
- Gas-to-liquids
 - Erzeugung flüssiger Kohlenwasserstoffe via Fischer-Tropsch Synthese

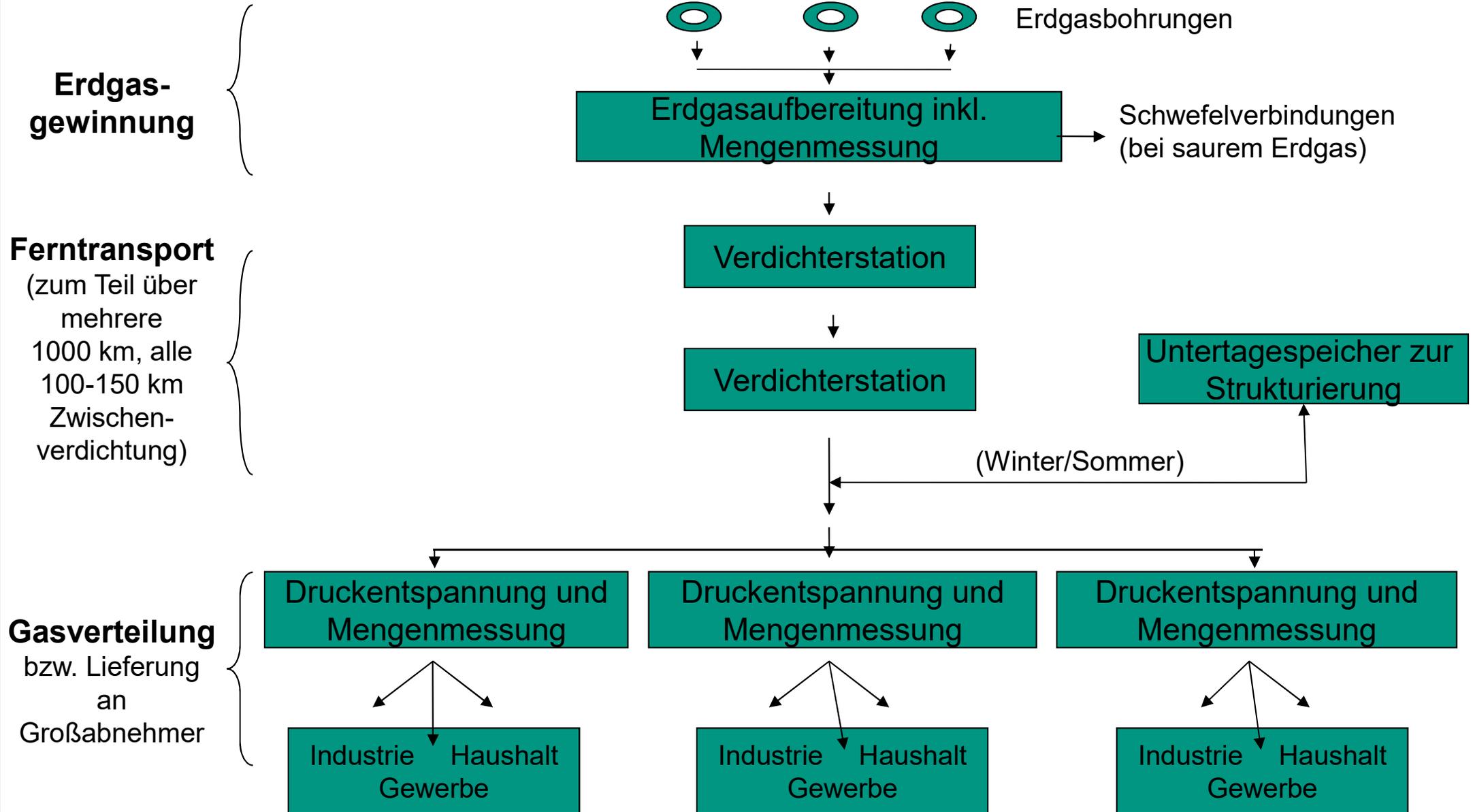


Transportkostenvergleich

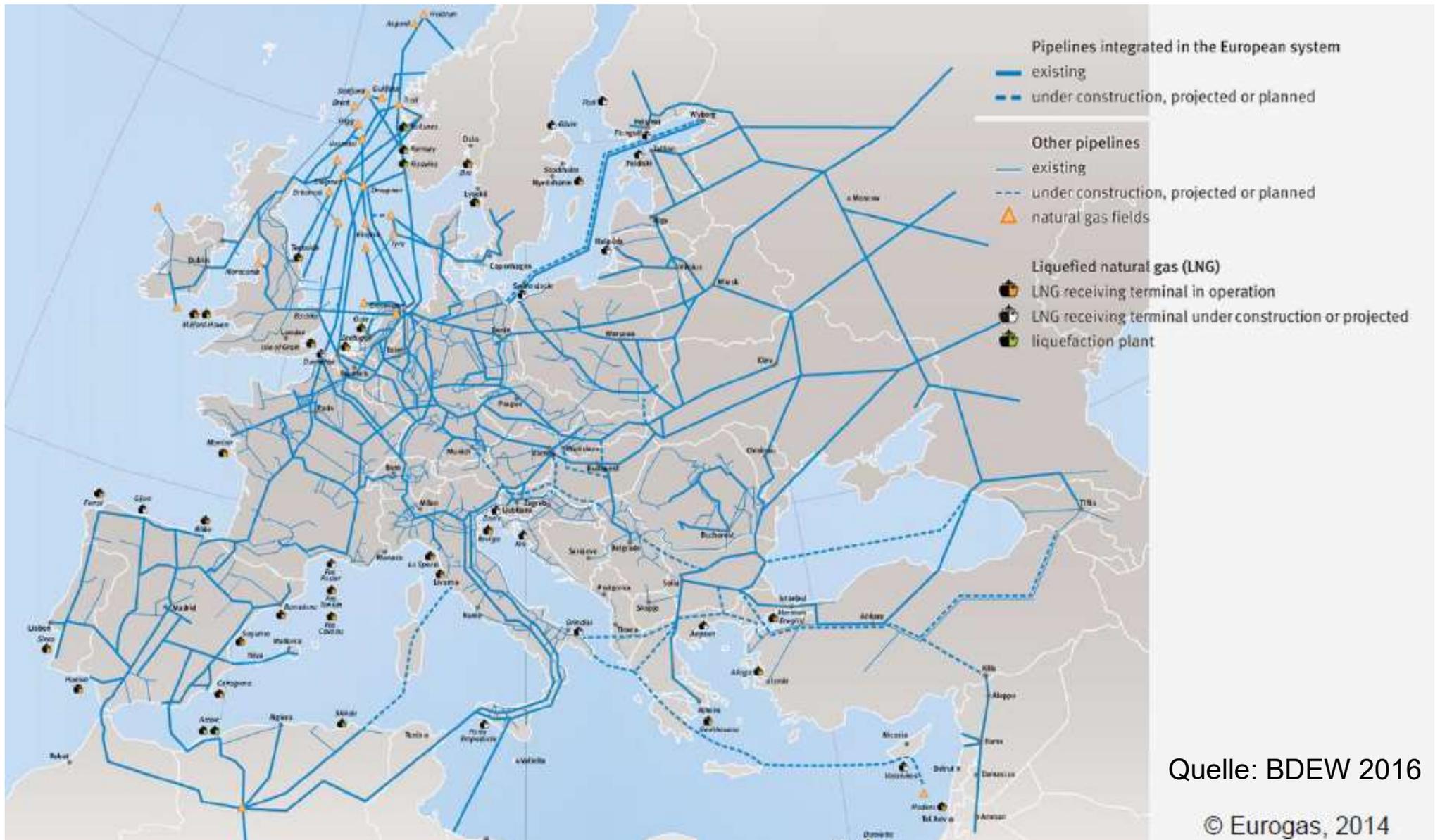


- Erdgas: Relativ hohe Kosten, daher regionale Märkte

Darstellung des Weges von der Quelle zum Verbraucher



Hauptpipelinerouten nach Europa



Einführung in die Energiewirtschaft

2) Der Energieträger Gas

2.1. Einleitung

2.2. Reserven und Ressourcen

2.3. Transport

2.4. Nutzung

2.5. Der Markt für Erdgas

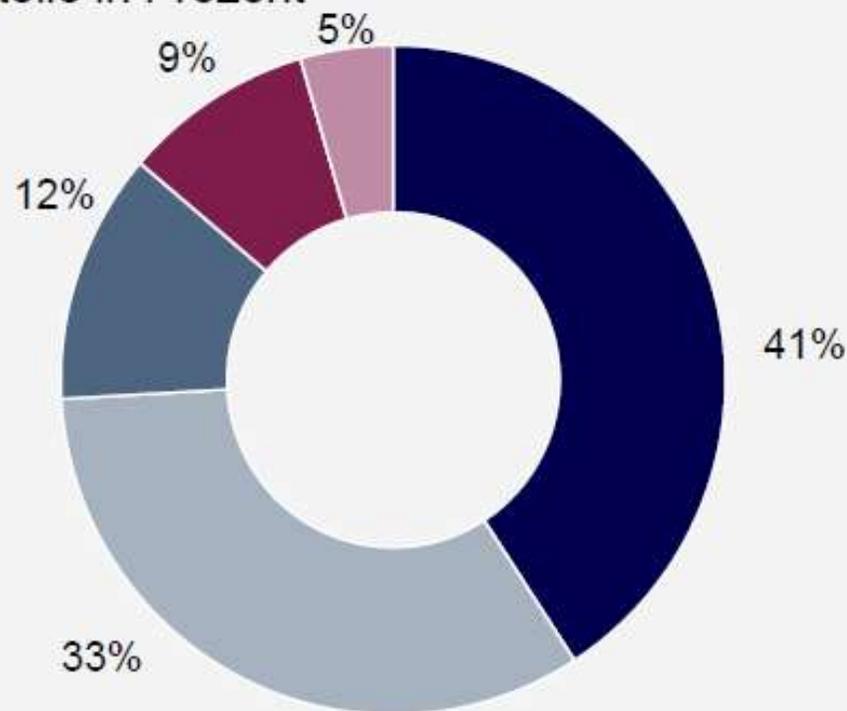
Nutzung: Bezugsstruktur in Deutschland

- Global drittwichtigster Energieträger (hinter Erdöl und Kohle)
- In Deutschland zweitgrößter Verbrauch an Primärenergie
- Verbrauch in Deutschland in 2015: Ca. 75 Mrd. m³
- Herkunft des verbrauchten Erdgases in 2015
 - Russland: 40 %
 - Niederlande: 29 %
 - Norwegen: 21 %
 - Sonstige (Dänemark/UK): 3 %
 - Deutschland: 7 %
 - Heutige Förderung: Förderregion „Weser-Ems“

Quellen: BDEW 2016, WEG 2014

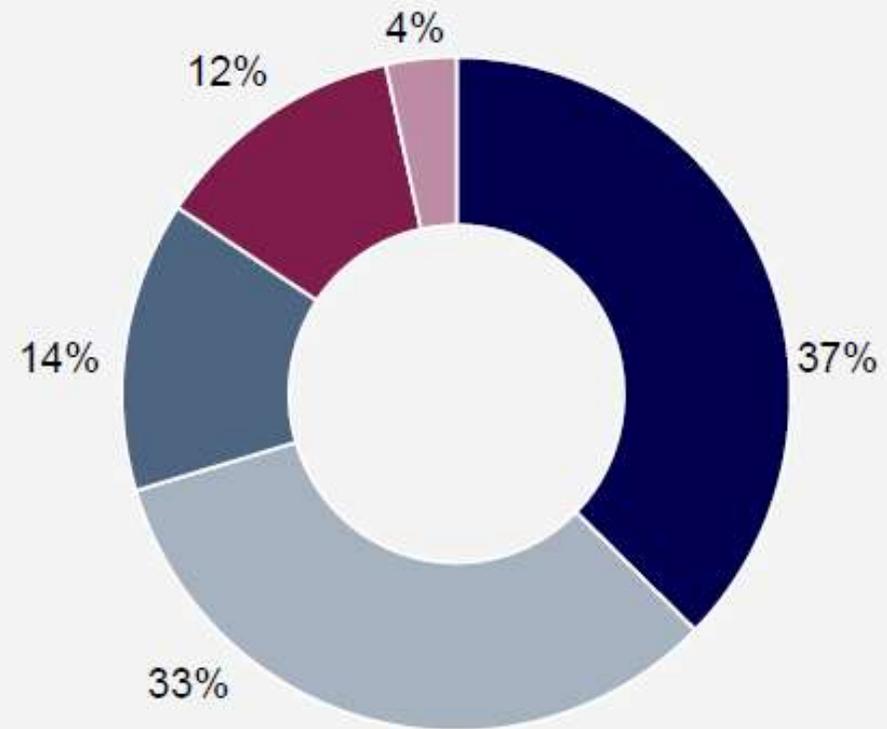
Nutzung nach Verbrauchern

Erdgasabsatz in Deutschland nach Verbrauchergruppen - Zehnjahresvergleich
Anteile in Prozent



2004: 961,7 Mrd. kWh

- Industrie
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
- Fernwärme



2014*: 818,0 Mrd. kWh

- Haushalte
- Kraftwerke der allgemeinen Versorgung

Quelle: BDEW, Stand 02/2015

* vorläufig

Erdgasspeicher Rehden

- Porenspeicher
- Größter Erdgasspeicher Westeuropas
- Arbeitsgaskapazität > 4 Mrd. m³
 - Jahresverbrauch von ca. 2 Mio. Haushalte
- Unterirdische Fläche: 8 km²
- 1/5 der gesamten Speicherkapazität Deutschlands



Quelle: WEG 2014;
Wingas 2010

Einführung in die Energiewirtschaft

2) Der Energieträger Gas

2.1. Einleitung

2.2. Reserven und Ressourcen

2.3. Transport

2.4. Nutzung

2.5. Der Markt für Erdgas

Kosten für die Bereitstellung von Erdgas

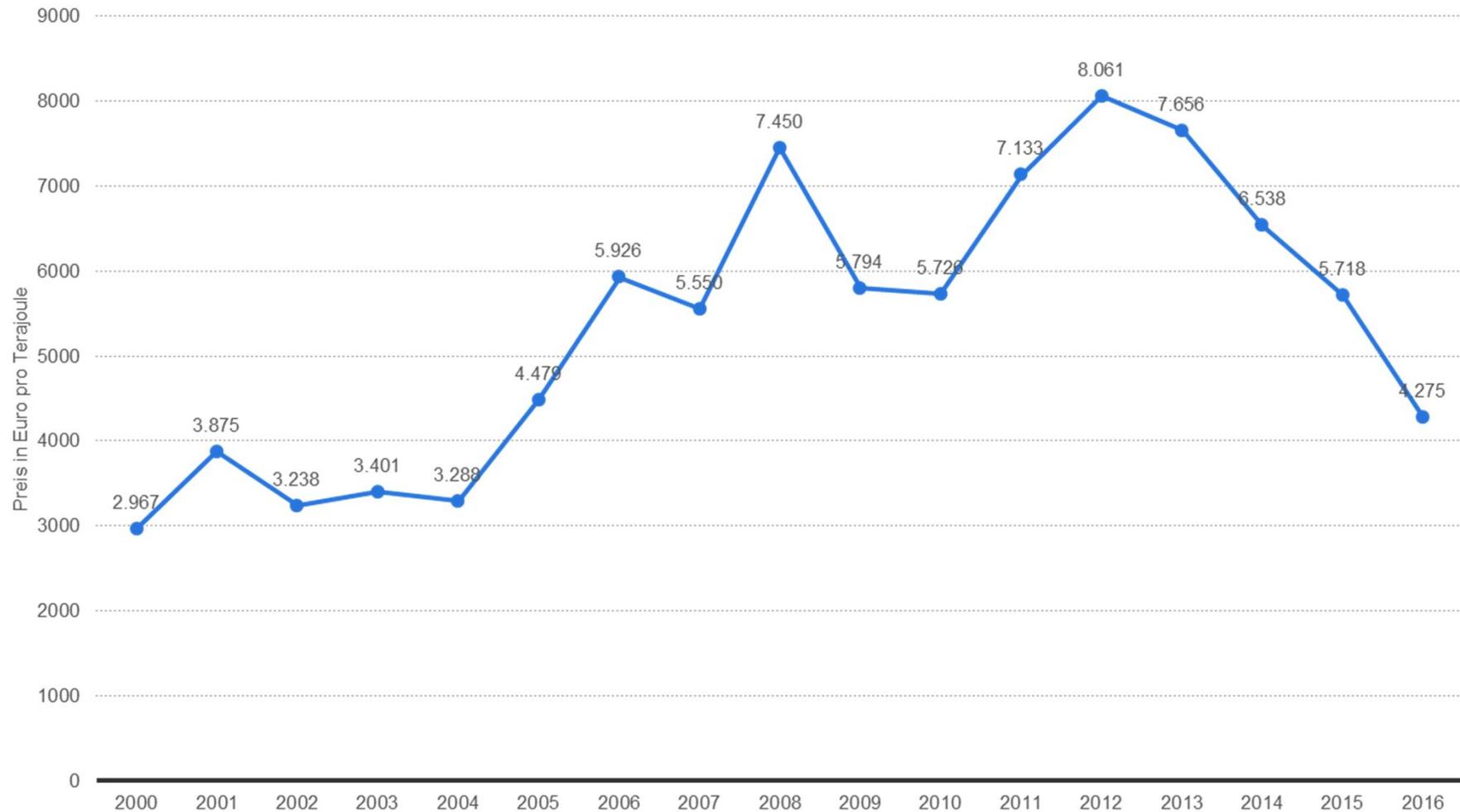
- Kosten für
 - Exploration
 - Entwicklung
 - Förderung

- Abhängig von
 - Tiefe und Art des Erdgasvorkommens
 - Erdgaszusammensetzung
 - Klimatische Bedingungen vor Ort

- Nach Einschätzung des BGR zwischen 0,1 bis 0,7 Cent/kWh

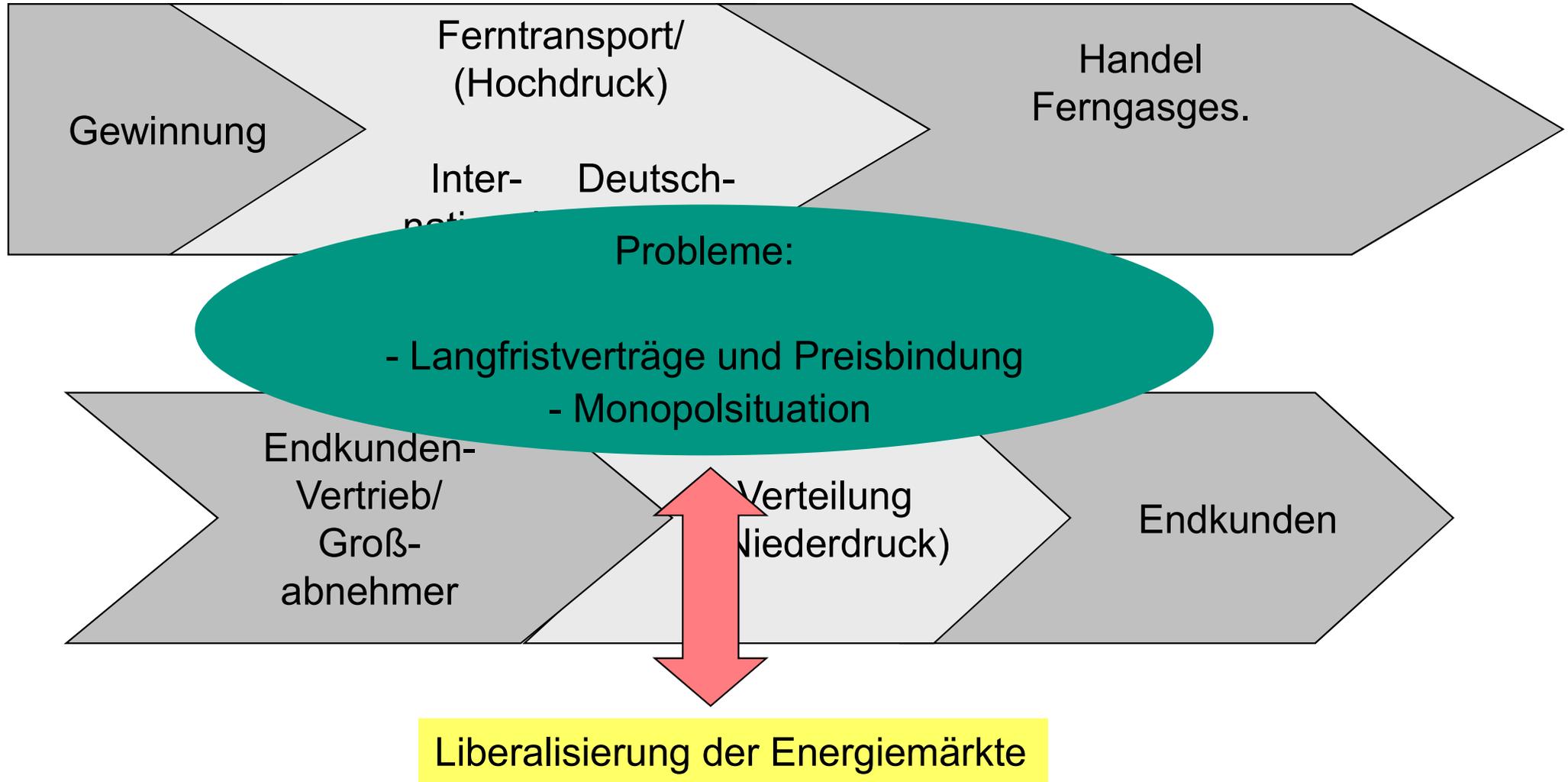
Quelle: BGR – Energierohstoffe 2009

Entwicklung des Grenzübergangspreises für Erdgas



Quelle: Statistika, 2017 (BAFA)

Marktstrukturen für Erdgas



Langfristigkeit der Erdgasverträge

- Enorme Investitionen in Erdgasförderung und Erdgastransport
 - Gefahr von „stranded investments“

- Zur Finanzierung wird Planungssicherheit über mehrere Jahre benötigt
 - Langfristige Verträge (aber auch sichere Versorgung)
 - Mindestabnahmeverpflichtungen („take-or-pay“ Verträge)

- Bei Verträgen mit Laufzeiten von mehreren Jahren/Jahrzehnten ist ein Festpreis für die gesamte Laufzeit problematisch

Preisbindung

- Prinzip: Wenn 2 Produkte das gleiche können, sollten sie auch gleichviel kosten!
 - Zwecks Förderungen der Umstellungen von Öl auf Erdgasheizungen Bindung an den Ölpreis („Anlegbarkeit“)
- Preisbindung entlang der Wertschöpfungskette (Netbackverfahren)
 - Stadtwerke München – Endkunde
 - E.ON Ruhrgas – Stadtwerke München
 - Gazprom – E.ON Ruhrgas
 - Kein Portfolio mit kurzen Laufzeiten möglich
- Preisanpassung erfolgt zur Glättung des Verlaufs zeitlich verzögert
 - „6/1/3-Regelung“ (6 Monate Referenzzeitraum, 1 Monat Zeitversatz, 3 Monate Preisgültigkeit)

Netzzugang und Netznutzungsentgelte

- Transport und Verteilung von Gas stellen „natürliche Monopole“ dar
 - Ein Anbieter kann ein Gut zu geringeren Kosten herstellen als mehrere (kleine) Anbieter (Größendegressionseffekte)
 - Parallelnetze sind ineffizient (aber Investitionen von WINGAS)
 - (Buchhalterische) Trennung von Erzeugung, Ferntransport, Verteilung und Speicherung und Vertrieb (Unbundling)

- Netzzugang lange über Verbändevereinbarung geregelt
 - Entfernungsabhängiges Entgeltmodell ohne Regulierungsinstanz

- Bundesnetzagentur
 - Entry/Exit-Modell (Zweivertragsmodell)
 - Ex-ante Genehmigung der Netzentgelte
 - Einführung einer Anreizregulierung

Einführung in die Energiewirtschaft

3) Der Energieträger Erdöl

3.1. Einleitung

3.2. Reserven und Ressourcen

3.3. Transport

3.4. Verarbeitung

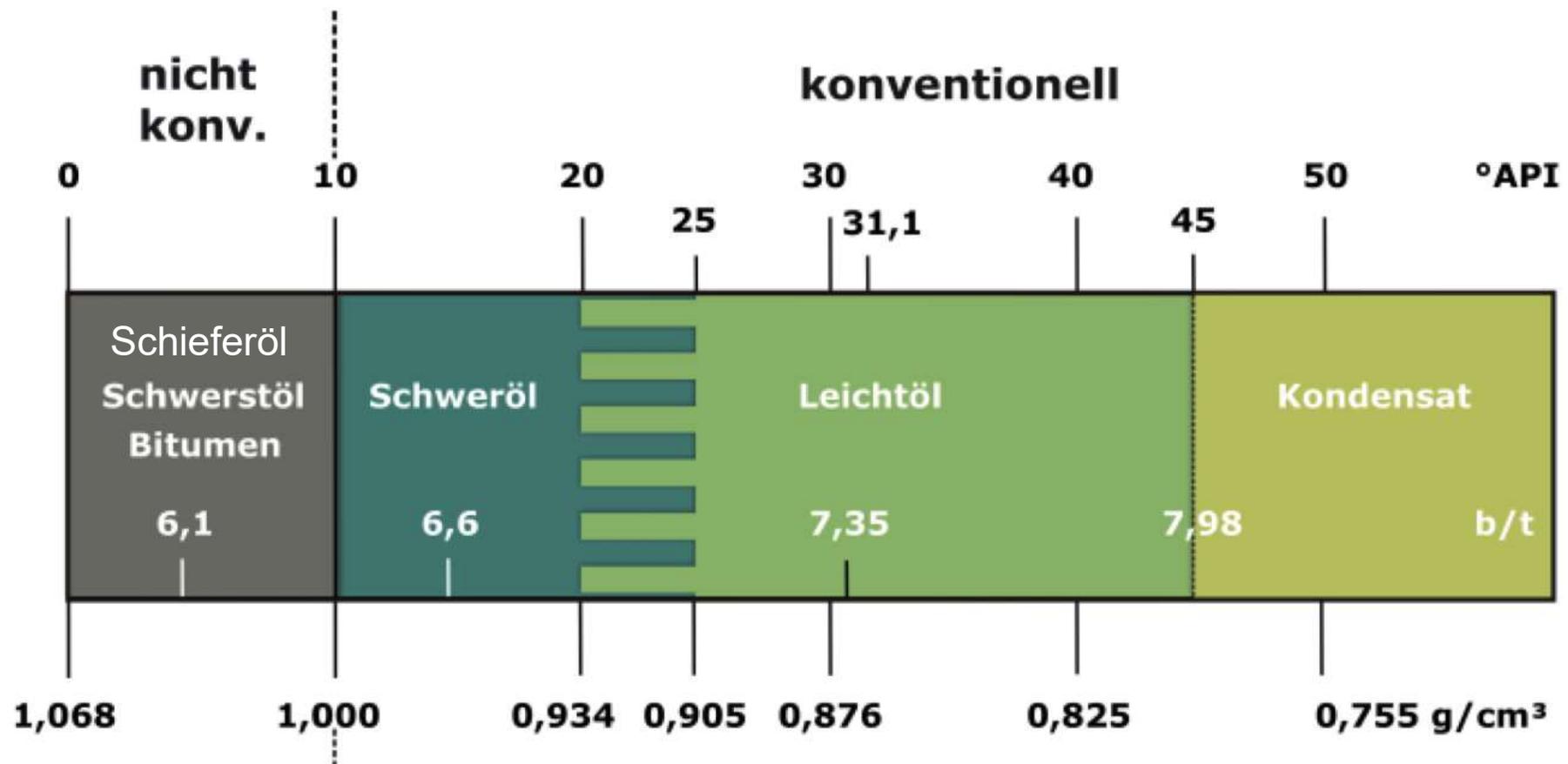
3.5. Nutzung

3.6. Der Markt für Erdöl

3.1 Einleitung: Erdöl

- Erdöl entstand durch die Verwesung ehemaliger Lebewesen, die sich im Faulschlamm von Meeren und Gewässern ablagerten
- Erdöl ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen verschiedenster Zusammensetzung, aus Schwefel und anderen Elementen
- Traditionelles Maß: Barrel, entspricht etwa 159 Litern
- Rohöle aus verschiedenen Quellen weisen unterschiedliche Qualitätsmerkmale auf
 - Qualitätsmaßstab: Dichte (API-Grade)
- Mineralöl in seiner natürlichen Form ist i.d.R. nicht in Produktionsprozessen einsetzbar

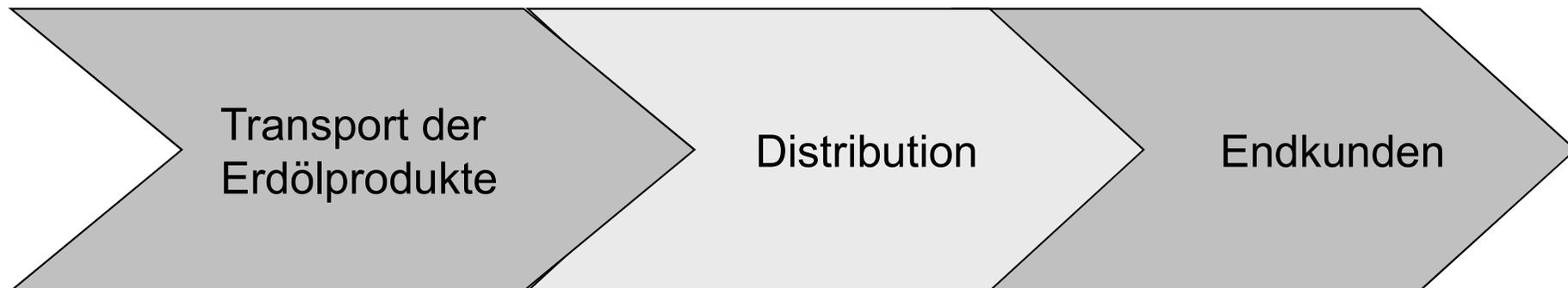
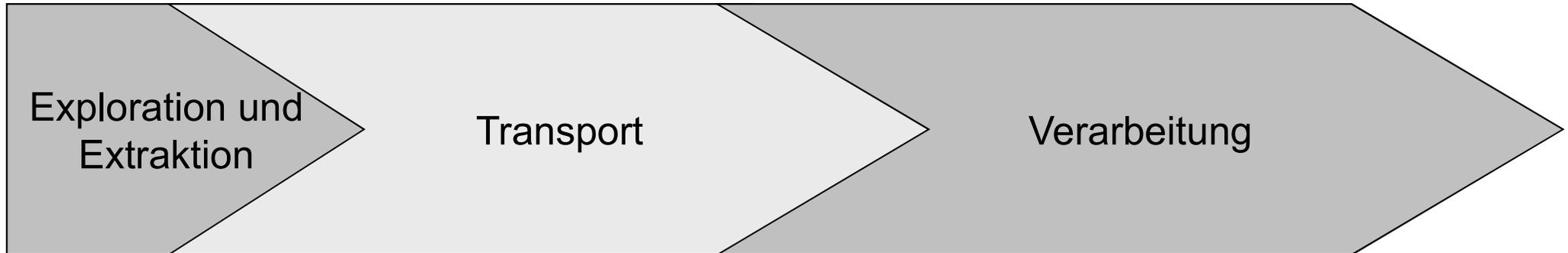
Charakterisierung von Ölsorten



- API = American Petroleum Institute
- API > 10 konventionelles Erdöl

Quelle: BGR – Energierohstoffe 2009

Wertschöpfungskette



Einführung in die Energiewirtschaft

3) Der Energieträger Erdöl

3.1. Einleitung

3.2. Reserven und Ressourcen

3.3. Transport

3.4. Verarbeitung

3.5. Nutzung

3.6. Der Markt für Erdöl

3.2 Reserven und Ressourcen von Erdöl

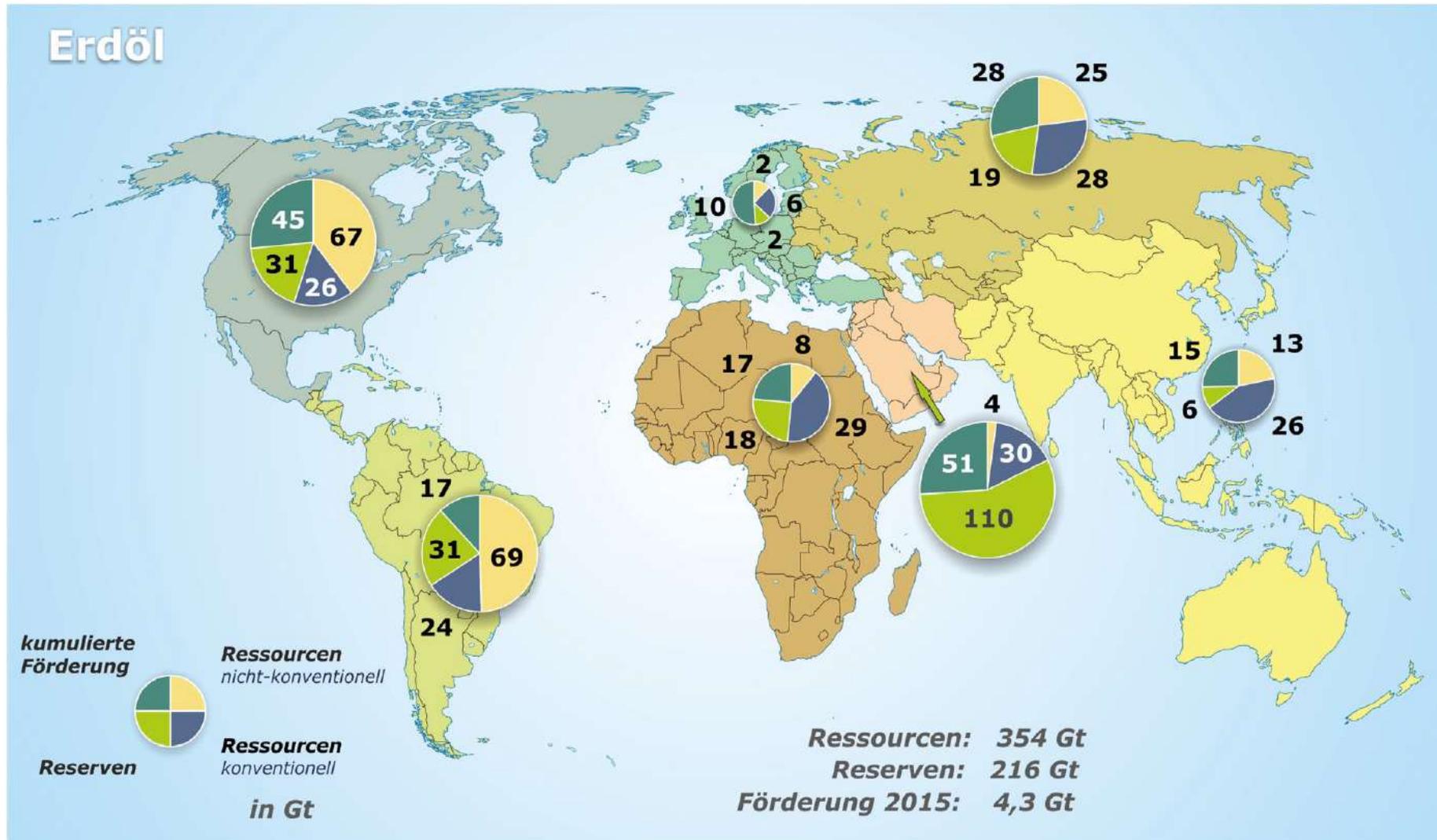
- Ressourcen (konventionell + nicht-konventionell (ohne Ölschiefer)): 334 Mrd. t
 - Ca. 70% davon Nordamerika und OPEC

- Reserven (konventionell + nicht-konventionell): 219 Mrd. t
 - Ca. 70% der Reserven entfallen auf Mitgliedstaaten der OPEC
 - Ca. 53% der Reserven allein auf die Region Nordafrika und Naher Osten (MENA)

- Bisherige kumulierte Ölförderung: 170 Mrd. t
 - Ca. 43% der ursprünglichen Reserven

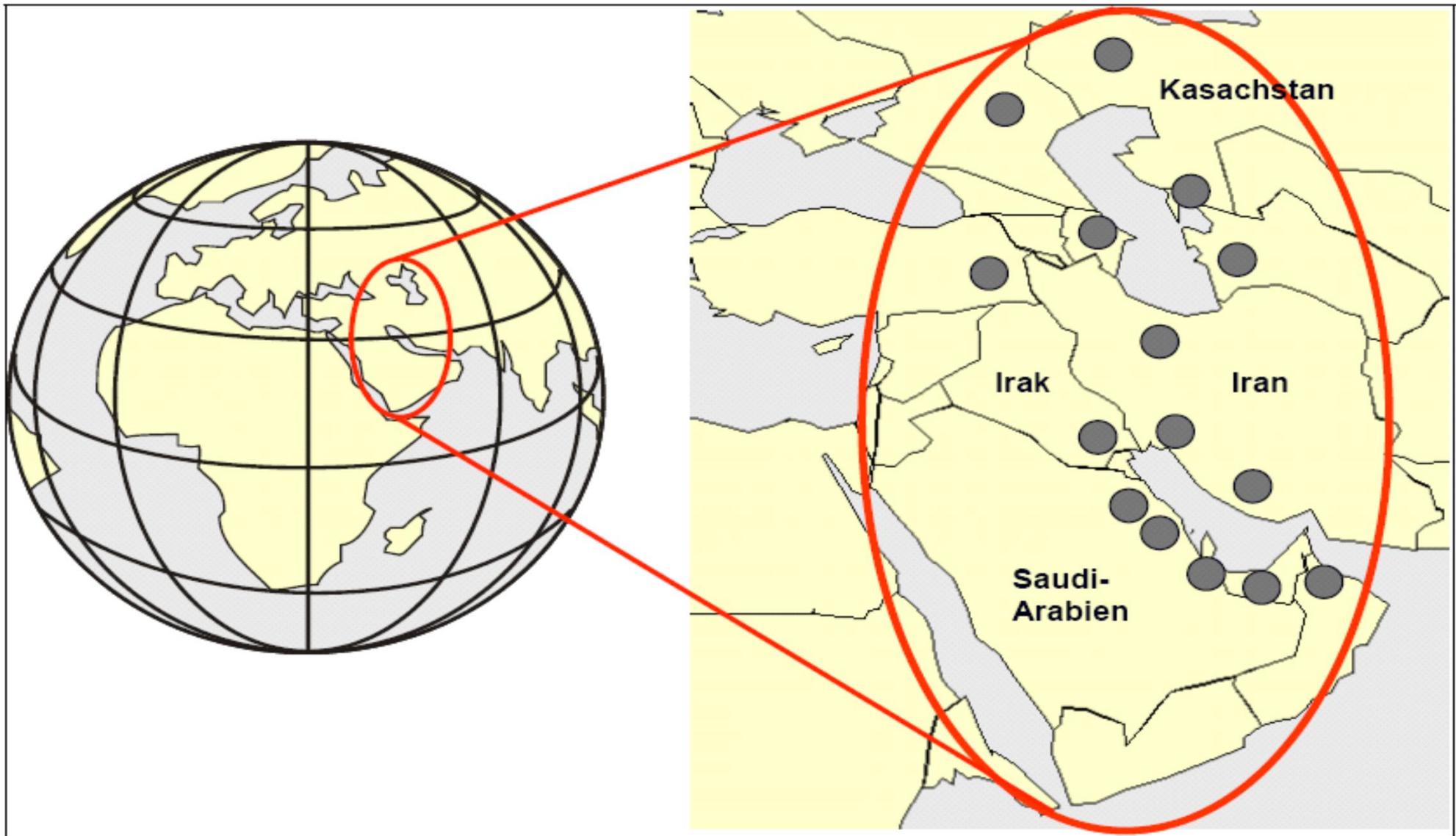
Quelle: GBR (2014, 2013)

Gesamtpotenzial an Erdöl



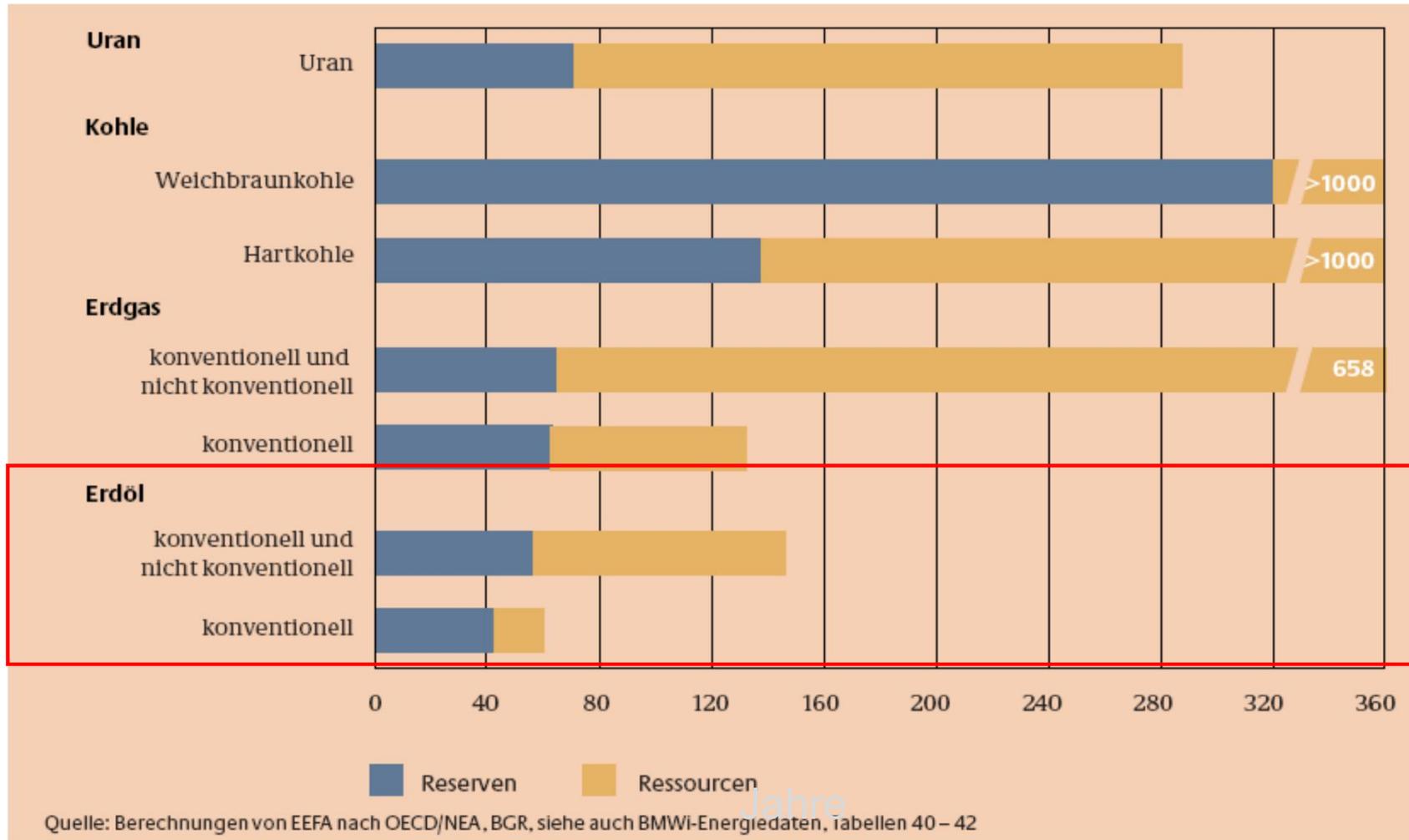
Quelle: GBR (2015)

Strategische Ellipse



[Quelle: Kemp, G. et al. 1997]

Statische Reichweiten fossiler Energieträger (Welt)



Quelle: BMWi 2008

Reserven in Deutschland

- ~ 0 % der Weltreserven
 - Reserven: 34 Mio. t
 - Ressourcen: 90 Mio. t

- Aktuelle Förderung: Ca. 2,4 Mio. Tonnen

Quelle: BGR, 2015

Förderung von Erdöl

- Förderung lediglich eines Teils des in einer Lagerstätte vorhandenen Öls (Entölungsgrad)
- Primäre Förderung durch natürlichen Lagerstättendruck
- Einpressen von Wasser/ Gas (sekundär)
- Einsatz chemischer Substanzen oder Dampf (tertiär)

Nicht-konventionelles Erdöl

- Ölschiefer
 - Gesteine mit hohem Anteil noch nicht voll zu Erdöl umgewandelten Materials
 - Erhitzung in Retortenöfen – synthetisches Rohöl

- Ölsande
 - Sande bzw. Sandsteine die hochviskose Kohlenwasserstoffe enthalten

- Schwer(st)öl
 - Hochviskose Öle
 - Zur Förderung thermische Behandlung notwendig

Reichweiten inkl. nicht-konventionellem Erdöl

Erdöl (in Milliarden Tonnen)		Reserven	Ressourcen	In-Place
konventionell		164	92	
nicht-konventionell		52	309	
davon	Ölsand	45	142	462
	Schwerstöl	7	48	246
	Ölschiefer	-	119	413
Total		216	401	

Quelle: Eigene Berechnungen nach GBR 2011

Regionen mit nicht-konventionellem Erdöl

- Ölschiefer
 - USA
 - China
 - Australien

- Ölsande
 - Kanada

- Schwer(st)öl
 - Venezuela

Einführung in die Energiewirtschaft

3) Der Energieträger Erdöl

3.1. Einleitung

3.2. Reserven und Ressourcen

3.3. Transport

3.4. Verarbeitung

3.5. Nutzung

3.6. Der Markt für Erdöl

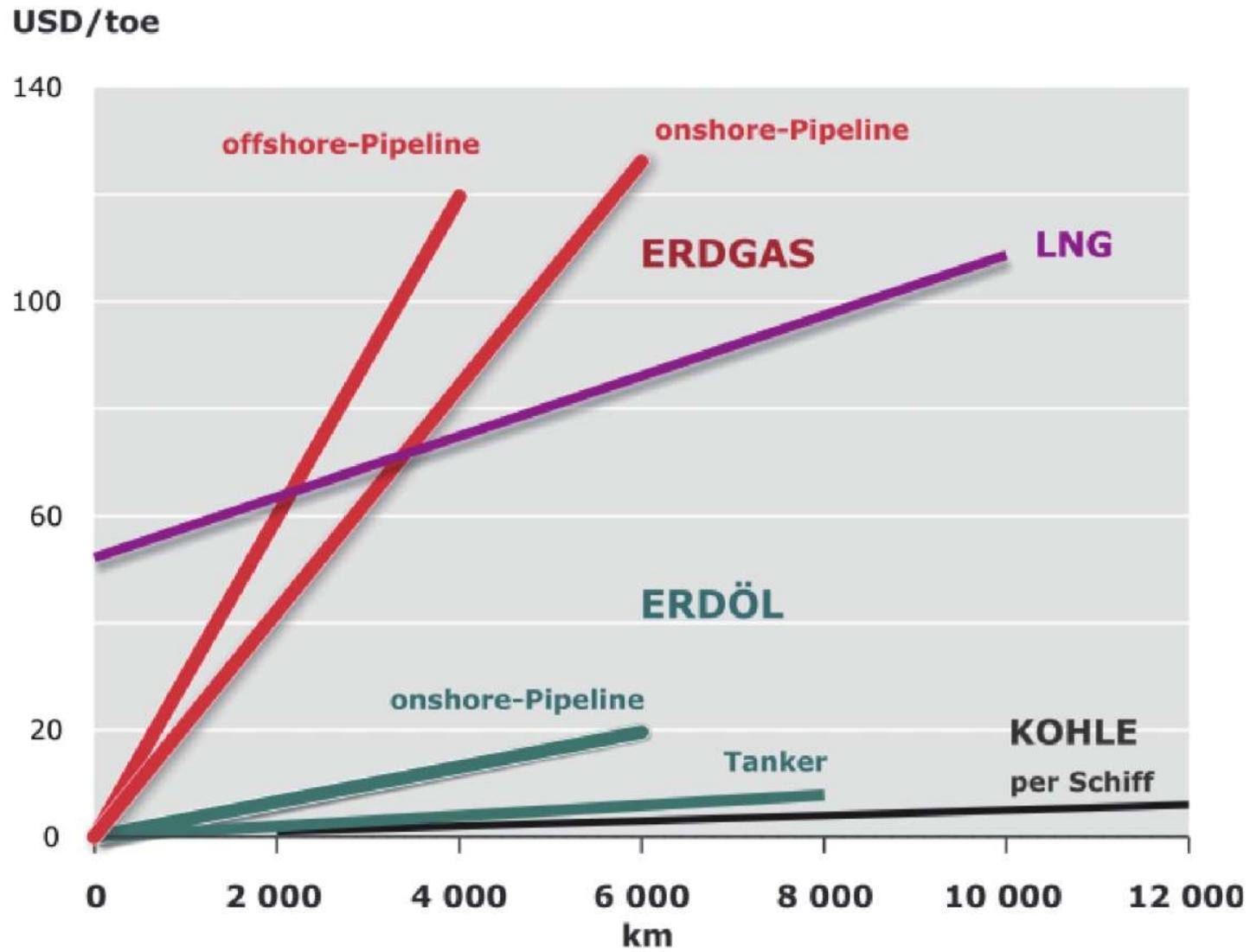
3.3 Transport

- Transportmöglichkeiten
 - Pipeline (zum Hafen/zur Raffinerie)
 - Onshore / Offshore

- Hochseetanker

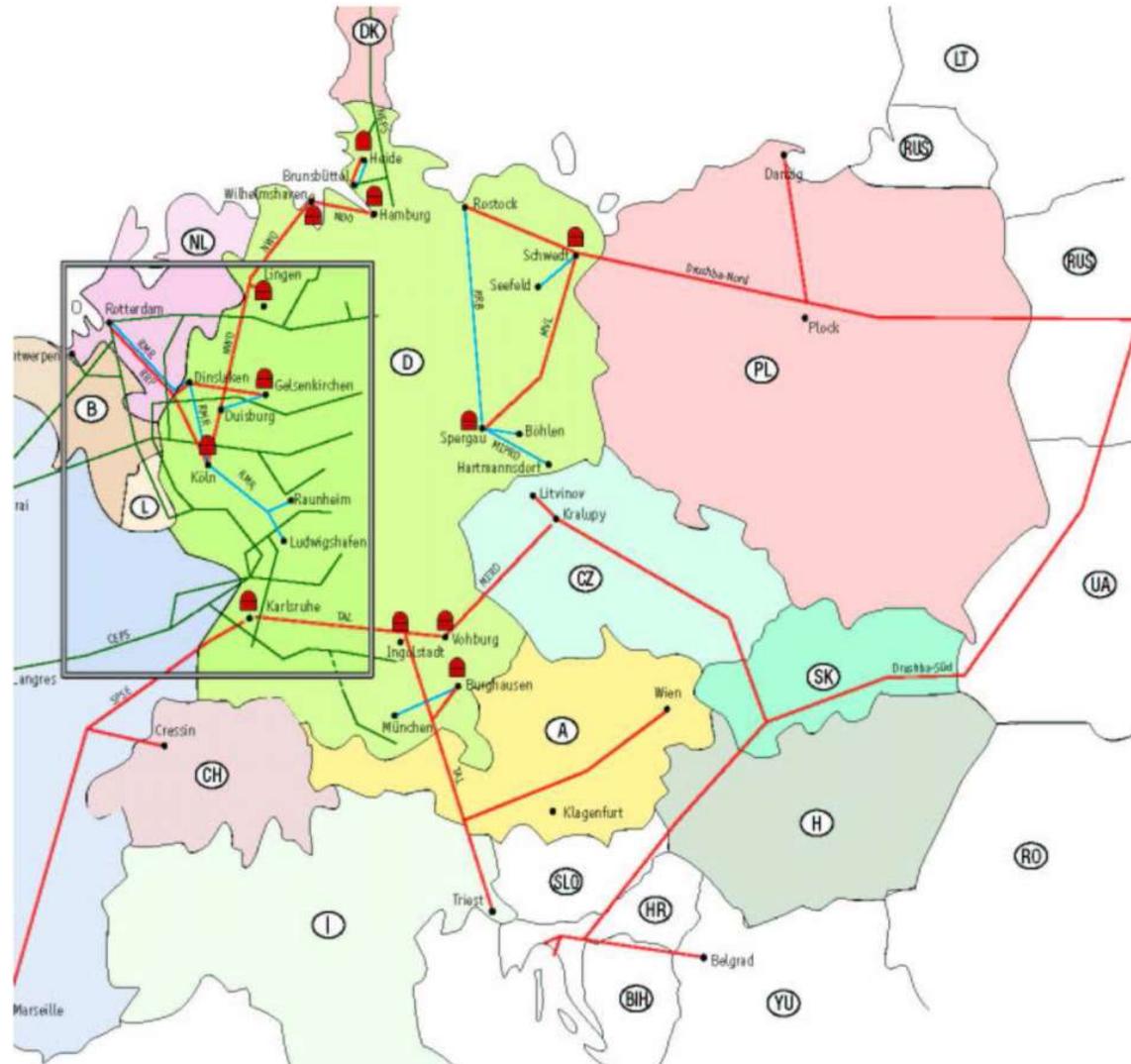
- Straßen-Tankwagen

Transportkostenvergleich



Quelle: BGR 2011

Erdölströme in Deutschland



Quelle: Jahrbuch des Mineralölwirtschaftsverband

Einführung in die Energiewirtschaft

3) Der Energieträger Erdöl

3.1. Einleitung

3.2. Reserven und Ressourcen

3.3. Transport

3.4. Verarbeitung

3.5. Nutzung

3.6. Der Markt für Erdöl

3.4 Verarbeitung

- Rohöl-Destillation
 - Auftrennung in einzelne Fraktionen
 - Atmosphärische Destillation: Flüssiggas, Rohbenzin, Mitteldestillat, Atmosphärischer Rückstand (wird in Vakuumdestillation nochmals destilliert)
 - „Kuppelproduktion“
- Konversion
 - Umwandlung schwerer Produkte (z.B. schweres Heizöl) in leichtere Produkte (z.B. Benzin) („Cracken“)
- Nachbehandlung und Veredelung (z.B. Entschwefelung und Reformieren)



Quelle: fotocommunity.de

Verarbeitungskapazitäten in Deutschland

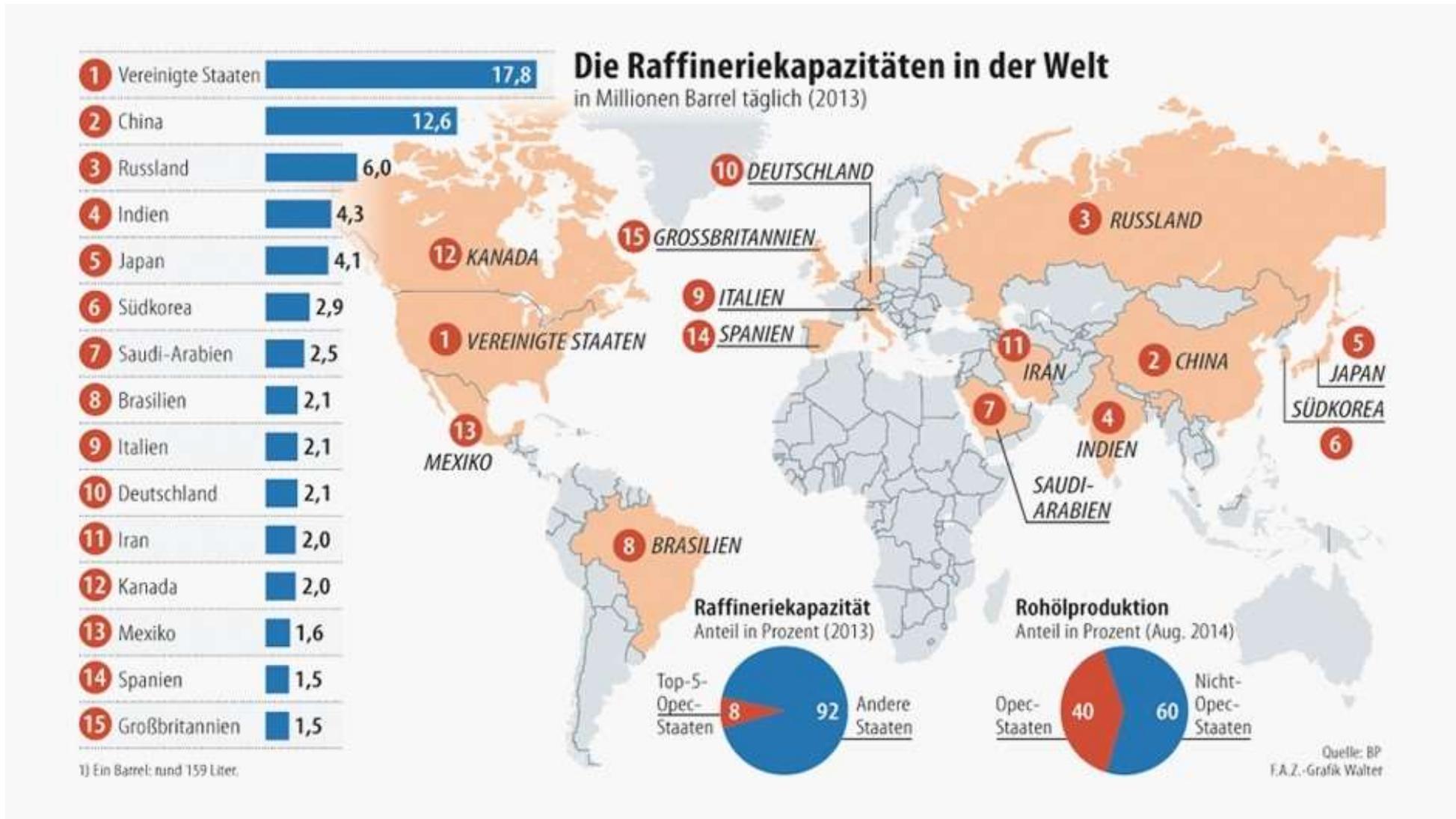
Raffinerien u.a. in

- Norddeutschland (Wilhelmshaven, Heide und Hamburg)
- Ostdeutschland (Schwedt und Leuna) und
- Süddeutschland (Ingolstadt und Karlsruhe)



Quelle: Jahrbuch des Mineralölwirtschaftsverband

Weltraffineriekapazitäten 2013



Quelle: faz.net

Raffinerieprodukte

Produkte (Absatz in %)	Sorten	Abnehmer	Vertrieb
Otto-kraftstoffe (21,98)	Normal unverbleit; Super plus unverbleit; Eurosuper unverbleit; Super verbleit	PKW	v.a. über Tankstellen; auch Verbrauchergeschäft
Dieselmkraftstoffe (23,14)		Busse, LKW, Zugmaschinen	Verbrauchergeschäft; Tankstellen
Leichtes Heizöl (23,07)		Großhandelsstufe (mittelständische Handelsbetriebe) Endverbraucherstufe	Raffineriegesellschaften, Großhändler, Importeure Handel
Schweres Heizöl (5,56)	je nach Schwefelgehalt	Industrie Kraftwerke	Raffineriegesellschaften (Direktvertrieb); Importhandel
Rohbenzin (13,29)		Industrie	Raffineriegesellschaften
Nebenprodukte (12,96)	Raffineriegas, Flugturbinenkraftstoff, Bitumen, Flüssiggas, Petrolkoks, Schmierstoffe, Spezial- und Testbenzin, Wachse, Paraffine, Vaseline, Leuchtöle (z. B. Petroleum)		

Quelle: Hirschhausen 2004

Einführung in die Energiewirtschaft

3) Der Energieträger Erdöl

3.1. Einleitung

3.2. Reserven und Ressourcen

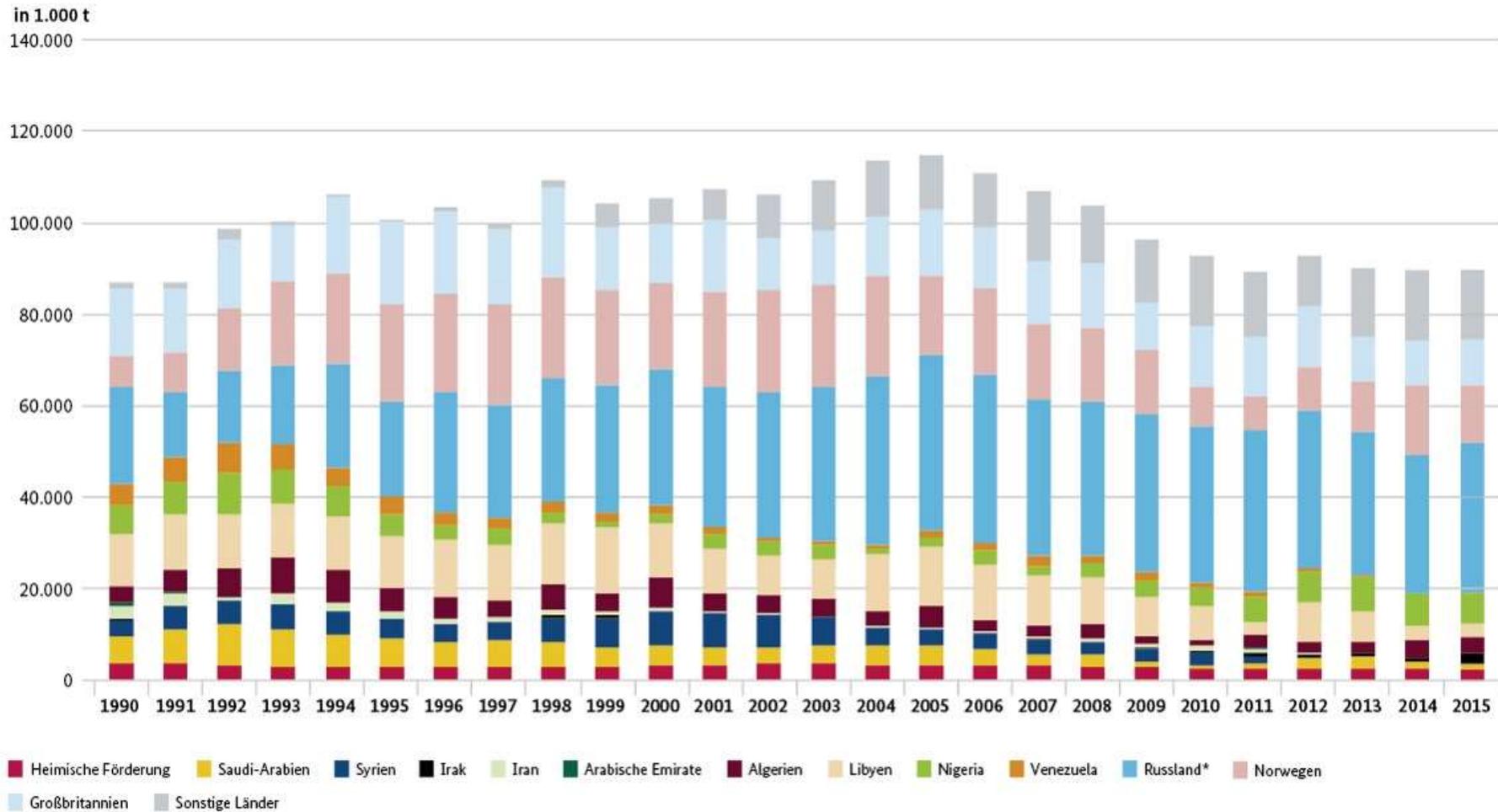
3.3. Transport

3.4. Verarbeitung

3.5. Nutzung

3.6. Der Markt für Erdöl

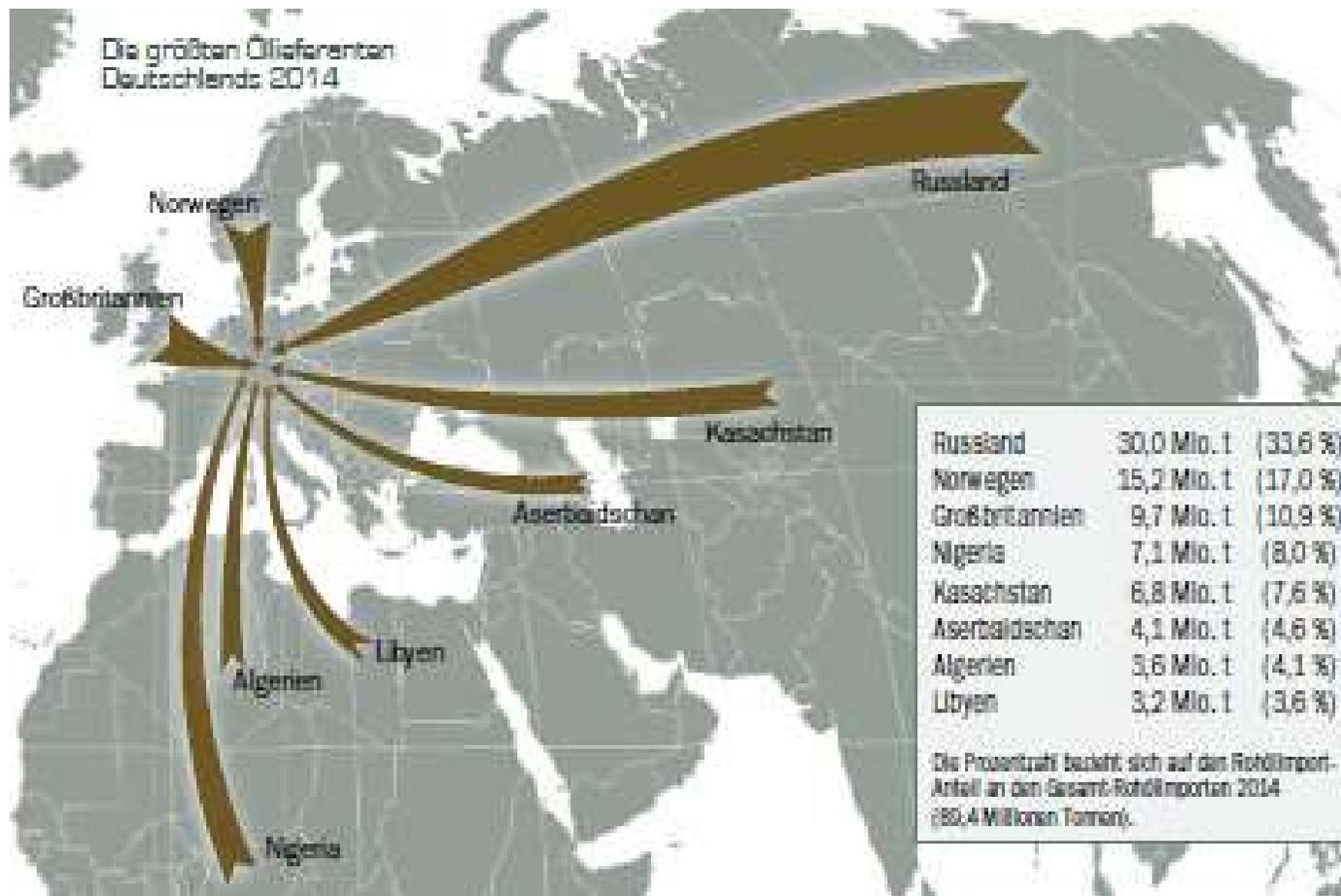
Rohölaufkommen in Deutschland



* 1990 und 1991 Sowjetunion

Quelle: bmwi 2016

Importe nach Deutschland

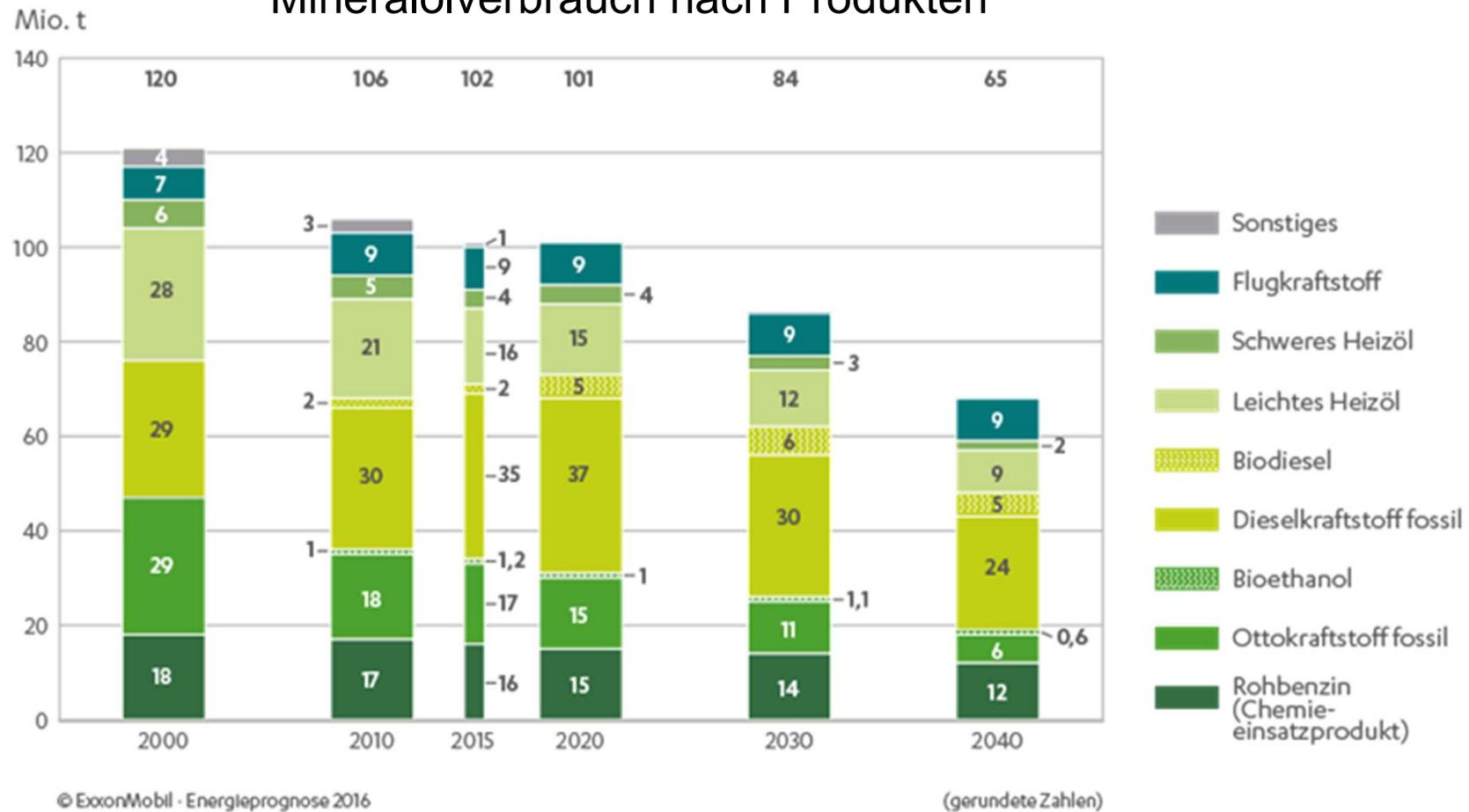


Land	2015 (in 1000 t)
Russland	32.577
Norwegen	12.455
Großbritannien	9.953
Nigeria	6.691
Kasachstan	6.421
Algerien	3.468
Ägypten	2.894
Libyen	2.874

Quelle: MWV 2015 und statista 2015

Mineralölverbrauchsentwicklung und -projektion

Mineralölverbrauch nach Produkten



Quelle: exxonmobil.de 2016

Einführung in die Energiewirtschaft

3) Der Energieträger Erdöl

3.1. Einleitung

3.2. Reserven und Ressourcen

3.3. Transport

3.4. Verarbeitung

3.5. Nutzung

3.6. Der Markt für Erdöl

3.6. Der Markt für Erdöl

Historie

- Bis zum 2. Weltkrieg Vorherrschaft der „westlichen Hemisphäre“ mit den USA als Hauptförderland
- In den 30er Jahren beginnt die Ölförderung in den arabischen Ländern
- Nach dem 2. Weltkrieg führt das Ende des Kolonialismus und die volle Souveränität der Ölförderstaaten dazu, dass die Ölfördergesellschaften die Länder zunehmend an den Gewinnen beteiligen.
- Seit der OPEC-Gründung 1960 Übernahme des Ölbesitzes durch Förderländer (Enteignung) und autonome Preisfestsetzung
- Vierte Phase gekennzeichnet durch Ölpreiskrise (1979/80) mit weltweitem, anhaltendem Rückgang des Ölverbrauchs sowie der Erschließung neuer Vorkommen in der Nordsee, Mexiko und anderen Nicht-Kartell-Regionen

Quelle: Voß 2004

Handel mit Rohöl und Mineralölprodukten

- Spot-Märkte
 - Für den kurzfristigen Handel mit Mineralölprodukten und seit einigen Jahren auch verstärkt für den kurzfristigen Handel mit Rohölen.
 - Spot-Märkte sind regionale Märkte, da der kurzfristige Ausgleich lokaler Versorgungslücken keine langen Transportzeiten erlaubt.
 - Gegenwärtig gibt es weltweit sechs solcher Märkte
 - Rotterdam, Genua
 - Persischer Golf
 - Singapur
 - Karibik und US-Golfküste

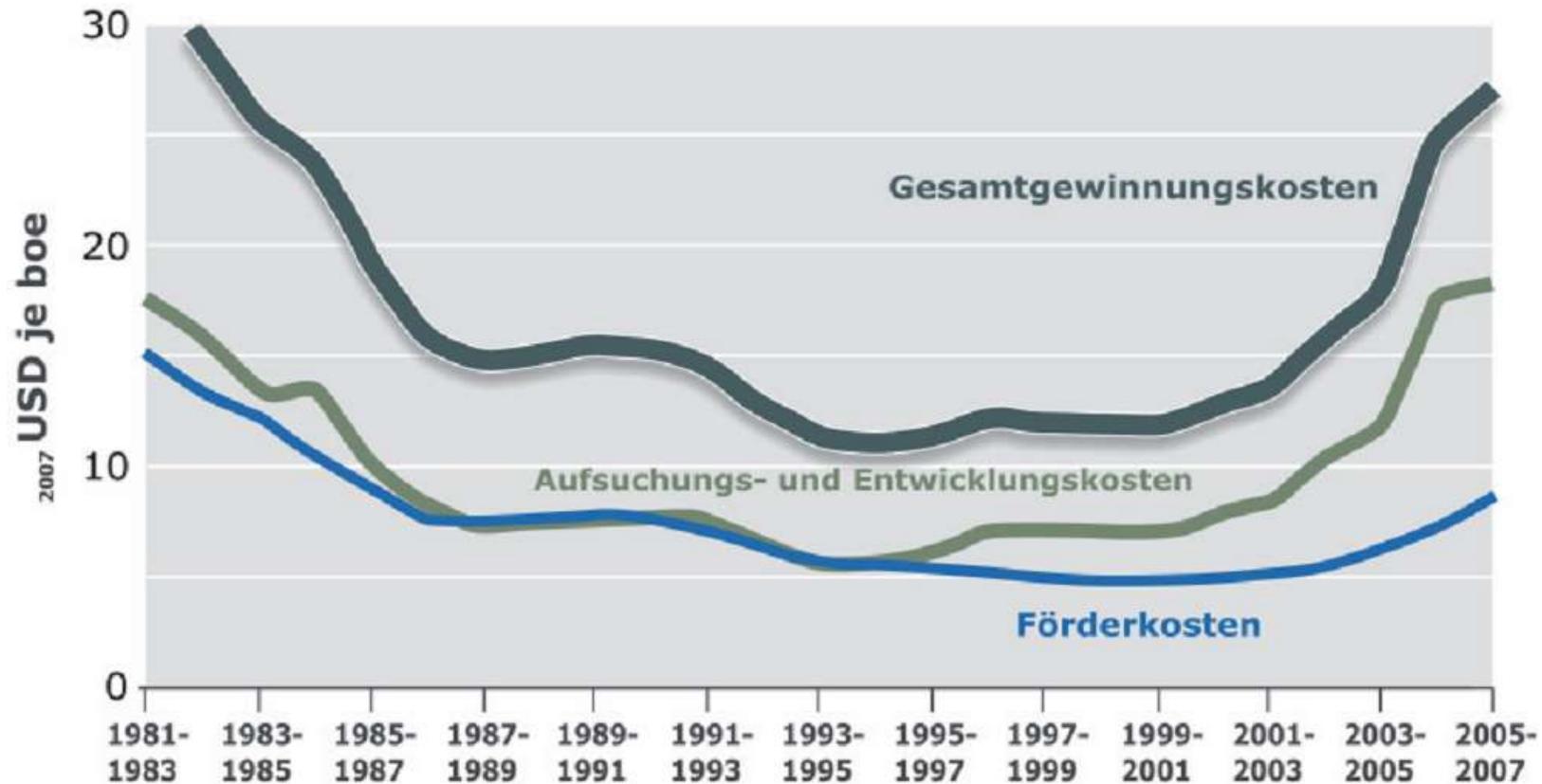
Quelle: Voß 2004

Der Rotterdamer Markt

- Region um Antwerpen, Rotterdam und Amsterdam (ARA-Raum)
- Wichtigster Umschlagplatz für Mineralöl in Europa und gleichzeitig bedeutendster Raffineriestandort mit einer Gesamtkapazität von ca. 100 Millionen Tonnen sowie rund 30 Millionen Kubikmeter Tankraum.
- Rohöl-Handel erfolgt auf zweierlei Weise
 - Kurzfristige Verträge: Erhebliche Schwankungen der Preise je nach Angebot und Nachfrage und es spiegeln sich darin die aktuellen Weltmarktendenzen wider.
 - Langfristige Verträge: Geringer Preissprünge die die Entwicklung der Weltmarktpreise im langjährigem Mittel anzeigen.

Quelle: Voß 2004

Kosten für die Bereitstellung von Erdöl



Quelle: GBR, 2011

■ Kosten für

- Exploration + Erkundung
- Entwicklung
- Förderung + Transport

■ Gesamtgewinnungskosten

- Naher Osten: ~ 15 \$/bbl
- U.S.A.: ~ 26 \$/bbl
- Europa: ~ 40 \$/bbl

Förderung, Verbrauch und Preis von Erdöl

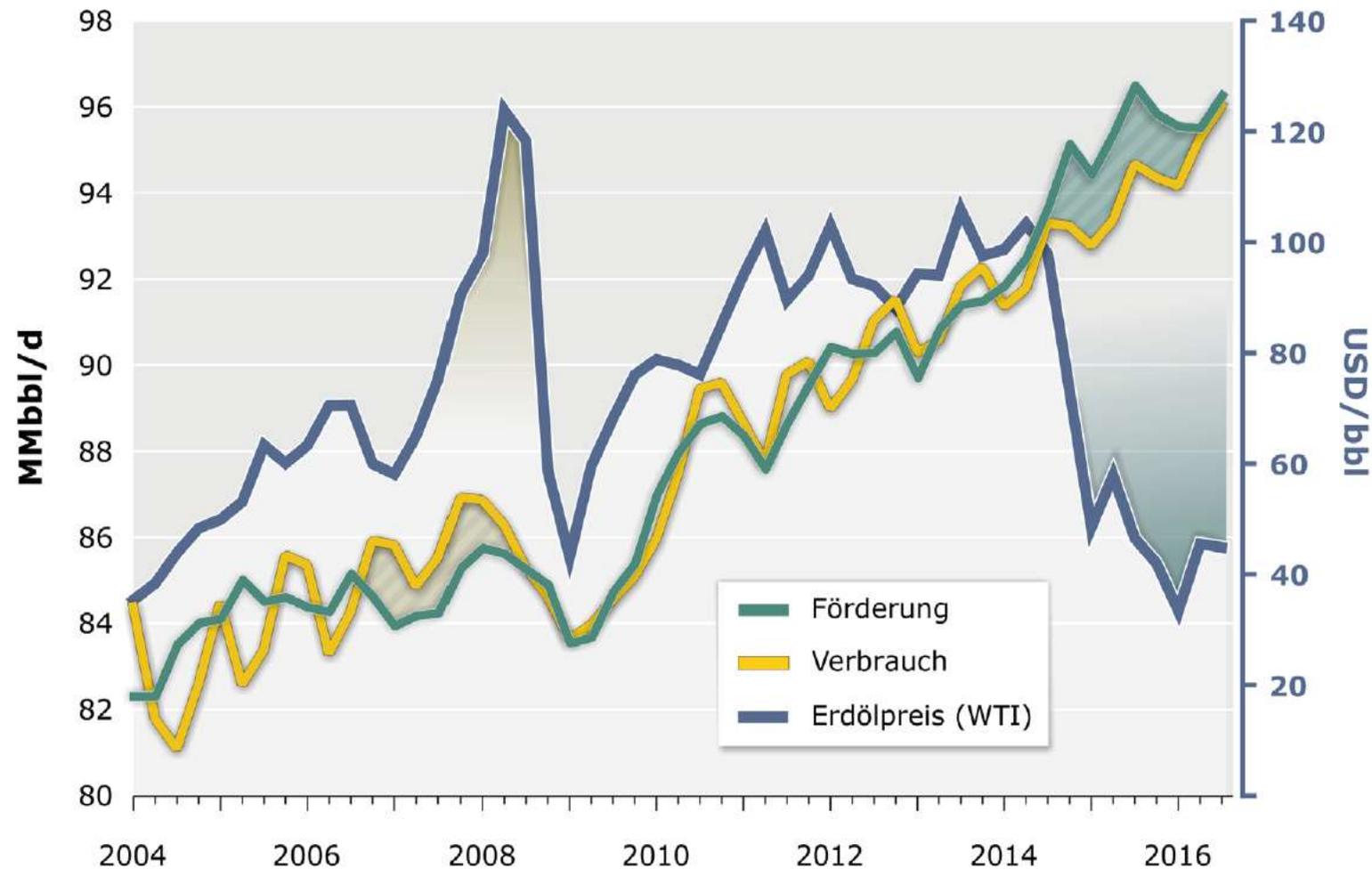
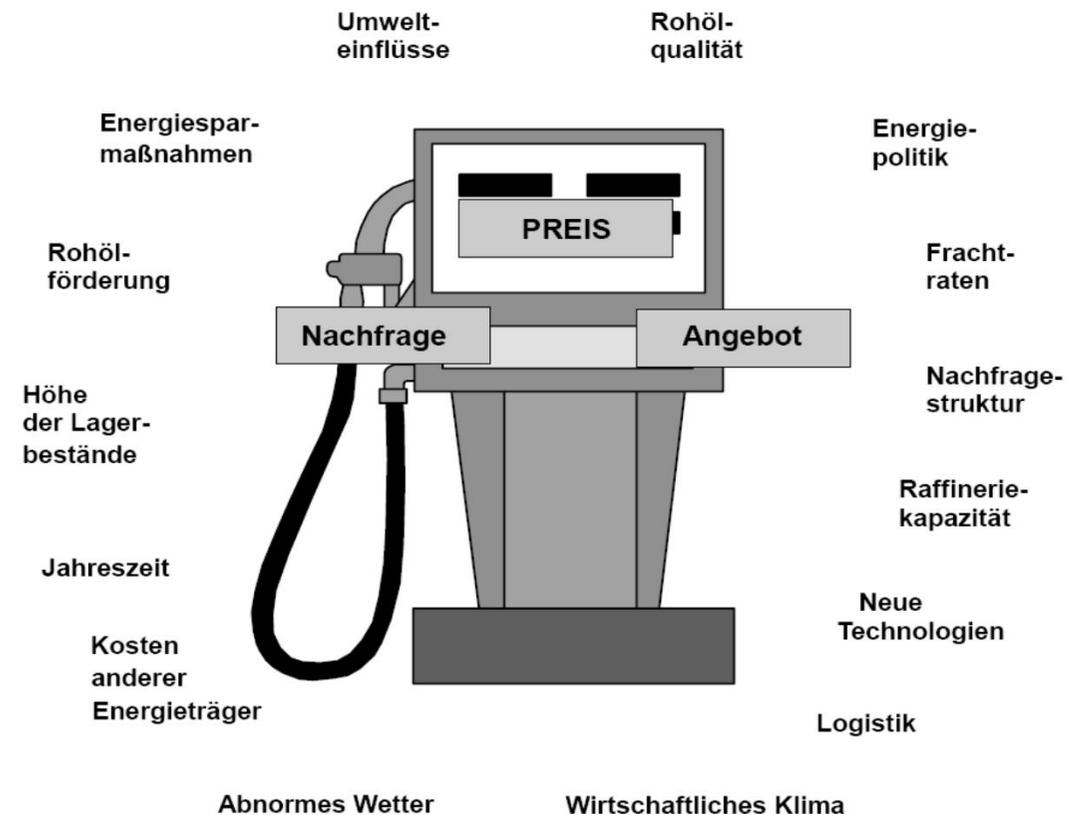


Abbildung 15: Quartalsweiser Verlauf von Erdölförderung und -verbrauch (EIA 2016b) sowie WTI-Preisentwicklung 2004 bis 2015.

Quelle: BGR 2015

Faktoren die den Ölpreis bestimmen



- Heute abgebaute Einheit steht morgen nicht mehr zur Verfügung.
 - Suche nach der optimalen Abbaurate (Hotelling-Regel)

Quelle: Voß 2004